ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 MAI 1921.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES LEMOINE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret en date du 14 mai 1921 portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Georges Urbain** pour occuper, dans la Section de Chimie, la place vacante par le décès de M. *E. Bourquelot*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Georges Urbain** prend place parmi ses confrères.

M. le **Président** annonce la présence à la séance de M. **Trowbridge**, professeur de physique à l'Université de Princeton.

M. **Paul Appell** donne lecture de la lettre suivante qui lui a été adressée par M. **Mittag-Leffler**, Correspondant de l'Académie:

S. M. le Roi Gustave garde avec joie le souvenir du jour mémorable où son auguste père, le Roi Oscar II, parvenu à l'âge de soixante ans, le 21 janvier 1889, eut l'occasion d'accorder une haute distinction, dans un concours institué par lui, en même temps au grand Français Henri Poincaré et à vous, Monsieur le Recteur. Aussi Sa Majesté m'a chargé de vous adresser en son nom une demande.

Lorsque la nouvelle tragique de la mort de Poincaré, qui était alors à l'apogée de sa carrière, parvint dans notre pays, il fut décidé que les *Acta*

mathematica suédois, qui depuis leur fondation, il y a bientôt quarante ans, sont sous le patronage du Roi et qui ont été inaugurés par la publication d'un des éminents travaux de Poincaré pour ensuite en donner une série ininterrompue de vingt-quatre autres dus à sa plume, consacreraient un volume spécial à l'étude des différentes parties de l'œuvre du grand savant qui a posé tant de fondements dans les diverses branches des sciences mathématiques. Ce volume, qui s'ouvre par un compte rendu de Poincaré lui-même sur ses propres travaux, vient de paraître, et Sa Majesté m'a chargé de vous prier, vous l'intime ami de jeunesse et en tant d'occasions le collaborateur de Poincaré, de le présenter en Son nom à l'Académie des Sciences qui, pendant vingt-cinq ans, a pu associer le nom immortel de Poincaré à ceux de tant d'autres que la science compte parmi les plus grands.

M. **Appell** s'exprime ensuite en ces termes :

Le Tome 38 des *Acta mathematica*, que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie des Sciences, est entièrement consacré à la mémoire de notre confrère **Henri Poincaré**.

Le volume s'ouvre par un compte rendu de Poincaré lui-même sur ses propres travaux; vient ensuite un rapport sur la théorie des groupes et sur les travaux de M. Cartan, que Poincaré a lu au Conseil de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris la veille de son opération; viennent ensuite diverses lettres de Poincaré à M. Mittag-Leffler et à L. Fuchs, suivies de lettres de L. Fuchs à Poincaré; le volume contient également un bref article qui m'a été demandé par M. Mittag-Leffler sur Henri Poincaré en mathématiques spéciales à Nancy; une lettre de M. Pierre Boutroux à M. Mittag-Leffler, relative à la méthode de travail de son oncle. Après une importante notice de notre confrère M. Jacques Hadamard sur l'œuvre mathématique de Poincaré, vient une Note de M. Wien sur l'œuvre de Poincaré en physique, une Note de M. Lorenz, relative à deux Mémoires de Henri Poincaré sur la physique mathématique, un article de M. Zeipel sur l'œuvre astronomique de Henri Poincaré, une Note de Planck sur Henri Poincaré et la théorie des *quanta;* une Note de notre confrère M. Paul Painlevé sur Henri Poincaré.

Ce Volume était à peu près imprimé il y a cinq ans, mais la guerre en a retardé la publication. Il présente un très grand intérêt, comme hommage à la Science française et comme contribution à l'Histoire des mathématiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acide acrylique et éthers acryliques. Acides et éthers halogénopropioniques.* Note de MM. **Charles Moureu, Marcel Murat et Louis Tampier.**

Si l'acide acrylique $CH^2 = CH - CO^2H$, le plus simple des acides non saturés, n'a jusqu'ici fait l'objet que d'un nombre relativement restreint de recherches, la raison en est, sans nul doute, dans les difficultés que présentait sa préparation. Différents procédés ont été donnés (Redtenbacher, Claus, Caspary et Tollens, Wislicenus, Moureu, Biilmann, etc.). Celui que l'un de nous a indiqué ([1]), consistant à soustraire les éléments de l'acide chlorhydrique à l'acide β-chloropropionique $CH^2Cl - CH^2 - CO^2H$, qu'on obtenait par l'oxydation nitrique du « chlorhydrate d'acroléine » $(CH^2Cl - CH^2 - CHO)^n$, rencontrait un gros obstacle dans la préparation de la matière première, l'acroléine $CH^2 = CH - CHO$, longue et pénible à obtenir et d'une grande instabilité. Une telle difficulté n'existe plus maintenant. Grâce à la découverte récente de procédés de fabrication industrielle et de stabilisation de l'acroléine ([2]), on peut se procurer aisément, aujourd'hui, des quantités quelconques de cet aldéhyde à l'état pur, et nous nous bornerons à indiquer qu'au cours des expériences qui font l'objet de la présente Note on en a traité plusieurs kilogrammes.

Nous avons réussi à améliorer notablement la susdite méthode de préparation de l'acide acrylique, et il nous a été alors possible d'exécuter sur l'acide acrylique une série de recherches, les unes d'ordre physico-chimique et les autres d'ordre purement chimique, dont nous résumerons ici les points principaux.

I. *Préparation de l'acide acrylique.* — Le « chlorhydrate d'acroléine », obtenu en saturant de gaz chlorhydrique sec l'acroléine refroidie à -15°, est oxydé par 2,3 parties d'acide nitrique de densité 1,49 à 15°. L'attaque étant très vive, on opère sur de petites quantités; on refroidit au début, pour terminer sur le bain-marie. Après refroidissement, on étend d'eau et l'on épuise à l'éther; la liqueur éthérée ayant été séchée sur le chlorure de calcium et l'éther chassé par distillation, on distille le résidu dans le vide. La fraction qui passe à 110°-130° sous 20^{mm} ne tarde pas à se prendre en

([1]) Ch. Moureu, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. 2, 1894, p. 191.

([2]) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 885. — Ch. Moureu, Ch. Dufraisse, P. Robin et J. Pougnet, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 26.

une masse de cristaux fondant à 40°-42°, constitués par de l'acide β-chloropropionique pratiquement pur.

Ce dernier est chauffé à reflux, pendant un quart d'heure, avec 2^{mol} de soude caustique en solution aqueuse (au $\frac{1}{10}$ environ), on ajoute $0^{mol},6$ d'acide sulfurique, on épuise la liqueur à l'éther (bien exempt d'alcool), et la liqueur éthérée, après lavage et dessiccation sur le chlorure de calcium, est distillée. On sépare d'abord l'éther (à la colonne), et le résidu est distillé dans le vide. On recueille, passant à 47°-52° sous 14^{mm}, l'acide acrylique pratiquement pur.

Le rendement, à partir de l'acide β-chloropropionique, est de 80 pour 100. Calculé à partir de l'acroléine, il est de 40 pour 100. Il nous paraît encore susceptible d'amélioration.

II. *Caractères et constantes physiques de l'acide acrylique.* — L'acide obtenu ci-dessus est d'emblée sensiblement pur. Redistillé, il passe à 48°,5 sous 15^{mm}. Déterminé sur un échantillon résultant d'une série de congélations fractionnées, le point de fusion était de 12°,3 et le point d'ébullition de 141°,6 sous 752^{mm}. On a trouvé, en outre : $D_{4°}^{12°} = 1,0600$ (liquide en surfusion); $D_{4°}^{20°} = 1,0511$; $N_D^{20°} = 1,4224$; d'où R.M. = 17,42 (calc. 17,22).

Nous donnerons encore ici les constantes suivantes [mesures récentes ([1]) de Moureu et Boutaric] : chaleur moléculaire de neutralisation (par la soude en liqueur étendue) : $13^{cal},85$; chaleur moléculaire de combustion : $327^{cal},9$; conductivité moléculaire limite (à 18°) : 350 mhos; constante de dissociation (à 18°) : $K = 5,6.10^{-5}$.

III. *Action des acides halohydriques sur l'acide acrylique.* — Linnemann a signalé que les acides halohydriques s'unissent à chaud (les autres conditions ne sont pas spécifiées) avec l'acide acrylique en donnant les acides β-halogénopropioniques, et Wislicenus, en chauffant à 130° l'acide acrylique avec la solution saturée d'acide iodhydrique, a obtenu l'acide β-iodopropionique $CH^2I - CH^2 - CO^2H$.

Nous avons reconnu que les gaz HCl, HBr et HI attaquaient à froid l'acide acrylique en donnant, avec rendement intégral, les acides β-halogénés. La réaction est très énergique avec le gaz iodhydrique : à partir de $4^g,4$ d'acide acrylique, on a obtenu $11^g,8$ d'acide iodé (calc. 12^g).

IV. *Éthers de l'acide acrylique et des acides β-halogénopropioniques.* — L'éthérification directe de l'acide acrylique, avant nos recherches, n'avait pas, à notre connaissance, été réalisée. Quelques éthers avaient été obtenus

([1]) *J. de Chim. phys.*, t. 18, 1920, p. 348.

par voie détournée, notamment en traitant par le zinc les éthers dibromopropioniques $CH^2Br - CHBr - CO^2R$ (Caspary et Tollens). Nous avons réussi, sans difficulté spéciale, à préparer quelques éthers acryliques en chauffant l'acide avec l'alcool correspondant en présence d'acide sulfurique (10 pour 100).

En second lieu, étant donnée la facilité générale avec laquelle les dérivés β-halogénopropioniques perdent les éléments des acides halohydriques sous l'action des alcalis, nous avons pensé qu'on pourrait obtenir les éthers acryliques en traitant les éthers β-halogénopropioniques par une base tertiaire, comme la diéthylaniline, qui soustrairait les éléments de l'acide halohydrique en respectant la fonction éther-sel. Nos prévisions ont été confirmées par l'expérience : l'élimination s'effectue à chaud d'après l'équation suivante :

$$CH^2X - CH^2 - CO^2R + C^6H^5N(C^2H^5)^2 = CH^2 = CH - CO^2R + C^6H^5N(C^2H^5)^2.HX.$$

Réciproquement, nous avons pu fixer aisément les acides halohydriques sur les éthers acryliques et former ainsi les mêmes éthers halogénopropioniques :

$$CH^2 = CH - CO^2R + HX = CH^2X - CH^2 - CO^2R.$$

Voici quelques-uns des corps obtenus. Plusieurs n'avaient pas encore été préparés. Nos constantes s'écartent souvent de celles qui ont été données par les différents auteurs.

Acrylate de méthyle $CH^2 = CH - CO^2CH^3$: Eb. 80°,5 sous 761mm; $D_{4°}^{18°} = 0,9558$; $N_D^{18°} = 1,4117$. — *β-chloropropionate de méthyle* $CH^2Cl - CH^2 - CO^2CH^3$: Eb. 148°-150° sous 760mm; $D_{4°}^{12°} = 1,1874$; $N_D^{12°} = 1,4319$. — *β-bromopropionate de méthyle* $CH^2Br - CH^2 - CO^2CH^3$: Eb. 80° sous 27mm; $D_{4°}^{17°} = 1,4880$; $N_D^{17°} = 1,4603$.

Acrylate d'éthyle $CH^2 = CH - CO^2C^2H^5$: Eb. 99°,8 sous 761mm; $D_{4°}^{18°} = 0,9238$; $N_D^{18°} = 1,4072$. — *β-chloropropionate d'éthyle* $CH^2Cl - CH^2 - CO^2C^2H^5$: Eb. 162°,5 sous 761mm; $D_{4°}^{15°} = 1,1141$; $N_D^{15°} = 1,4284$. — *β-iodopropionate d'éthyle* $CH^2I - CH^2 - CO^2C^2H^5$: Eb. 116°-117° sous 45mm; $D_{4°}^{15°} = 1,7040$.

Acrylate de butyle $CH^2 = CH - CO^2CH^2 - CH^2 - CH^2 - CH^3$: Eb. 59° sous 25mm; $D_{4°}^{12°} = 0,9117$; $N_D^{12°} = 1,4254$. — *β-bromopropionate de butyle* $CH^2Br - CH^2 - CO^2C^4H^9$: Eb. 122°,5 sous 18mm; $D_{4°}^{9°} = 1,2773$; $N_D^{9°} = 1,4577$.

Acrylate d'isoamyle $CH^2 = CH - CO^2C^5H^{11}$: Eb. 71°-72° sous 22mm; $D_{4°}^{12°} = 0,9070$; $N_D^{12°} = 1,4287$. — *β-bromopropionate d'isoamyle* $CH^2Br - CH^2 - CO^2C^5H^{11}$: Eb. 110°-111° sous 11mm; $D_{4°}^{9°} = 1,2320$; $N_D^{9°} = 1,4556$.

Acrylate de benzyle $CH^2 = CH - CO^2CH^2 - C^6H^5$: Eb. 110°-111° sous 8mm; $D_{4°}^{8°} = 1,0690$; $N_D^{8°} = 1,5232$.

Acrylate de menthyle $CH^2 = CH - CO^2C^{10}H^{19}$: Eb. 128° sous 18mm; $D_{4°}^{15°} = 0,9310$; $N_D^{15°} = 1,4624$.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Généralités de la représentation topographique des couples des moteurs à courants alternatifs.* Note de M. **André Blondel.**

J'ai exposé antérieurement à l'occasion des moteurs synchrones [1] un mode de représentation de la valeur du couple des moteurs fondée sur le tracé de courbes de couples constants, dont l'ensemble peut être considéré comme représentant une surface topographique; pour simplifier, j'appellerai une épure de ce genre un *topogramme* des couples. J'ai montré également que le même mode de représentation s'applique à la représentation des puissances transmises par des lignes électriques.

Plus généralement, on peut appliquer à tous les moteurs à courants alternatifs la même représentation, grâce aux deux théorèmes suivants :

Théorème I. — Quel que soit le type de moteur polyphasé alimenté à potentiel constant, la résultante du courant vectoriel du stator $\overline{I}_1$ et du courant vectoriel du rotor $\overline{I}_2$ multiplié par un facteur vectoriel constant est constante. (On distinguera ici les vecteurs par un trait horizontal.)

Désignons, en effet, par R_1 la résistance du stator, par L_1 son coefficient de self-induction, par $\overline{Z}_1 = R_1 + j\omega L_1$ son impédance vectorielle, par M le coefficient d'induction mutuelle entre le stator et le rotor (coefficient vectoriel dans les moteurs polyphasés $\overline{M} = M\,|\underline{\alpha}$) et par U_1 la tension appliquée aux bornes du stator; tous les moteurs donnent lieu à une même équation vectorielle des forces électromotrices.

$$\overline{Z}_1\overline{I}_1 + j\overline{M}\,\overline{I}_2 = U_1 \tag{1}$$

qui, divisée par $\overline{Z}_1$, devient une équation vectorielle des courants

$$\overline{I}_1 + \frac{j\omega\overline{M}}{\overline{Z}_1}\overline{I}_2 = \frac{U_1}{\overline{Z}_1}. \tag{2}$$

Le second membre de (2) représente le courant vectoriel constant $\overline{I}_s$ qu'on obtiendrait en supprimant le rotor. Le premier membre se compose de deux vecteurs : le vecteur $\overline{I}_1$ et le vecteur $\overline{I}_2$ multiplié par le simple coefficient vectoriel $\dfrac{j\omega\overline{M}}{\overline{Z}_1}$. Cela démontre la propriété énoncée.

Portons $\overline{I}_1$ suivant une droite dirigée $\overline{OA}$ partant de l'origine [2],

---

[1] *Les moteurs synchrones* (Gauthier-Villars, Paris 1889).

[2] Le lecteur peut faire aisément la figure lui-même, en suivant le texte.

et $\frac{j\omega \overline{M}}{Z_1}\overline{I}_2$ suivant un autre segment dirigé AS. La résultante $\overline{OS}$ représente $\overline{I}_s$ vecteur constant. Les points O et S étant fixes, on a ainsi un diagramme bipolaire permettant, pour chaque point A, de déterminer $\overline{I}_1$ en fonction de $\overline{I}_2$, ou réciproquement. Par exemple, si l'on se donne $\overline{OA} = \overline{I}_1$, $\overline{I}_2$ est donné en grandeur par $\overline{AS} : \frac{\omega M}{Z_1}$. Pour ramener ce courant *en phase*, il faut le faire tourner, dans le sens des retards, de l'angle constant γ_1, argument du facteur vectoriel $\frac{\omega M}{Z_1}\underline{|\alpha + \gamma_1}$, c'est-à-dire

$$(3) \qquad \gamma_1 = \frac{\pi}{2} - \text{arc tang}\,\frac{\omega L_1}{R_1} = \text{arc tang}\,\frac{R_1}{\omega L_1}.$$

Théorème II. — Dans tout appareil composé de deux parties susceptibles d'un mouvement de rotation de vitesse relative Ω et agissant l'une sur l'autre par induction mutuelle (coefficient $\overline{M}$), le couple mécanique C a pour expression générale, en désignant par I_1 et I_2 les courants dans chacune des parties, et par δ l'angle que font entre eux les enroulements correspondants,

$$(4) \qquad C = M I_1 I_2 \sin\delta.$$

En effet, la considération de l'énergie montre que la puissance dépensée pendant la rotation a pour expression générale :

$$(5) \qquad P = \omega M I_1 I_2 \cos\left(\frac{\pi}{2} - \delta\right) = \omega M I_1 I_2 \sin\delta.$$

L'expression (4) se rencontre, par exemple, dans la théorie du galvanomètre où, en ne considérant que de faibles écarts, on remplace $\sin\delta$ par l'arc δ.

Dans le cas du moteur asynchrone ordinaire, $\alpha = 0$; c'est ce qu'on admettra dans la suite.

Le vecteur $\overline{OA}$ qui représente $\overline{I}_1$ peut se mettre sous la forme suivante, en désignant par x et y ses deux composantes rectangulaires :

$$(6) \qquad \overline{OA} = \overline{I}_1 = x + jy.$$

Désignons par a et b les deux composantes rectangulaires du vecteur constant $\overline{OS}$. Le vecteur $\overline{AS}$ qui représente I_2 *en grandeur* pourra s'écrire

$$(7) \qquad \overline{AS} = \frac{\omega M}{Z_1}\overline{I}_2\,|\gamma_1 = (a - x) + j(b - y).$$

Le vecteur représentant $\bar{I}_2$ *en grandeur et en phase* sera le vecteur AS tourné de l'angle $(\alpha + \gamma_1)$,

(8) $$\overline{A'S} = \frac{M}{Z_1}\bar{I}_2 = [(a - x) + j(b - y)][\cos\gamma_1 - j\sin\gamma_1]$$

ou, en développant,

(9) $$\overline{A'S} = (a - x)\cos\gamma_1 + (b - y)\sin\gamma_1 + j[(b - y)\cos\gamma_1 - (a - x)\sin\gamma_1].$$

Pour effectuer le produit cherché à partir de (1) et de (9), il suffit de calculer à l'aide des projections le produit

(10) $$-\frac{\omega M}{Z_1} I_1 I_2 \sin\delta = y[(a - x)\cos\gamma_1 + (b - y)\sin\gamma_1] - x[(b - y)\cos\gamma_1 - (a - x)\sin\gamma_1].$$

En ordonnant par rapport aux puissances décroissantes de x_2 et de y_2 et en posant

(11) $$\frac{C}{q} = M I_1 I_2 \sin\delta,$$

cette équation devient

(12) $$x^2 + y^2 + x(b\cot\gamma_1 - a) - y(a\cot\gamma_1 + b) = \frac{M}{L_1}\frac{C}{q}$$

ou aussi

(13) $$\left(x + \frac{b\cot\gamma_1 - a}{2}\right)^2 + \left(y = \frac{a\cot\gamma_1 + b}{2}\right)^2 = \frac{M}{L_1}\frac{C}{q} + \frac{L_s^2}{4\cos^2\gamma_1}.$$

Le centre de tous les cercles d'égal couple (C = const.) a ainsi pour coordonnées

(14) $$\begin{cases} x_c = \dfrac{a - b\cot\gamma_1}{2}, \\ y_c = \dfrac{a\cot\gamma_1 + b}{2}, \end{cases}$$

et le rayon a pour expression

(15) $$\rho = \sqrt{\frac{I_s^2}{4\cos^2\gamma_1}\frac{MC}{L_1 q}}.$$

Pour $C = 0$, le rayon est égal simplement à $\frac{I_s}{2\cos\gamma_1}$. Ce cercle passe par l'origine O; donc le centre N des cercles du topogramme des couples sera sur la perpendiculaire élevée sur OS en son milieu, et sur une droite faisant avec OS l'angle $\frac{\pi}{2} - \gamma_1 = \text{arc tang}\,\frac{\omega L_1}{R_1}$.

On vérifie d'ailleurs que le lieu de ces centres quand γ_1 varie a pour équation

$$ax_c + by_c = \frac{a^2 + b^2}{2}, \tag{16}$$

qui représente une droite normale au milieu de OS.

Le mode de représentation des couples par topogrammes est moins direct que celui que l'on emploie ordinairement et qui consiste à mesurer la distance du cercle des diagrammes circulaires à une droite fixe. Mais il a le grand avantage d'être beaucoup plus général et de s'appliquer même quand le diagramme des courants n'est pas un diagramme circulaire.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *Visite officielle de* **S. A. S. le Prince de Monaco** *aux États-Unis.*

L'Académie nationale des États-Unis m'ayant décerné sa grande médaille d'or pour l'année 1920, je viens de me rendre à Washington où devaient se réunir pendant trois jours plus d'une centaine de ses membres qui appartiennent à tous les États de la République.

L'accueil que j'ai reçu a été tel que je tiens, comme associé de l'Institut de France, à vous le faire connaître avec le sentiment que me laisse, au point de vue des intérêts du monde civilisé, un contact pénétrant avec l'élite du peuple américain.

L'Académie nationale avait tenu à marquer son action personnelle vis-à-vis de mon voyage, en donnant à l'un de ses membres les plus illustres, Fairfield Osborn, président du Musée d'Histoire naturelle de New-York, la mission de me recevoir à mon arrivée dans cette ville; et, pendant une semaine, le savant paléontologiste m'accompagna dans les milieux intellectuels les plus distingués. L'un d'eux, la Société de Géographie, décida aussitôt de me donner sa grande médaille d'or pour 1921. Enfin la Société américaine des Explorateurs m'associa, par la remise d'un magnifique diplôme, au groupe remarquable qui la constitue.

Huit jours plus tard, à Washington, dans une réunion solennelle de l'Académie nationale où les progrès de l'Océanographie ont été célébrés d'une façon superbe par le Président et par plusieurs orateurs, la médaille d'or me fut remise.

Il intéressera sûrement mes Confrères de notre Académie de savoir que, après avoir entretenu pendant un mois des rapports continuels avec l'élite

des hommes de la Science, de la politique et des affaires, je suis revenu très confiant dans la résolution partout exprimée chez les Américains, de faire participer les États-Unis aux efforts qui se produisent en ce moment pour établir la paix du monde sur des bases solides et équitables, c'est-à-dire pour que la France et ses alliés n'aient pas à subir les conséquences ruineuses d'une guerre déchaînée par les ennemis de notre civilisation et pratiquée sans aucun égard pour les engagements d'honneur ou pour les mœurs de l'humanité moderne.

Dans les divers milieux de New-York et de Washington, parmi les hommes les plus distingués de l'activité américaine sous toutes ses formes, je n'ai pas cessé d'entendre exprimer des sentiments conformes à l'indignation ressentie par tous les peuples qui assistèrent dans la personne de leurs combattants aux actes mille fois répétés de la barbarie allemande. Constamment j'ai entendu formuler par des hommes dont les qualités morales atteignent la valeur intellectuelle, l'impossibilité, pour un peuple aussi grand, de ne pas accompagner jusqu'au bout ceux qui défendent en ce moment le droit, le progrès et la liberté. J'ai participé à des repas intimes qui rapprochaient des hommes éminents auxquels on voulait faire prononcer devant moi leurs vues sur la situation actuelle : partout j'ai reconnu le même ton, le même ensemble; et si l'on pouvait remarquer des voix timidement indulgentes envers les coupables, elles partaient régulièrement d'un milieu très spécial de la presse, connu de tout le monde. En somme, l'impression que je rapporte est celle-ci.

Le culte de la Science est en grand honneur aux États-Unis, il monte visiblement sous l'impulsion de beaucoup d'hommes remarquables étroitement mêlés à toutes les classes sociales.

Après un mois de séjour dans ce pays, je suis imprégné d'un optimisme que m'ont donné les sympathies et les tendances d'une majorité considérable; optimisme qui, d'ailleurs, n'avait jamais été troublé que par les malentendus rapidement dissipés ensuite par des missionnaires géniaux de la France. Aujourd'hui, qu'ils soient républicains ou démocrates, les Américains sont tous réunis dans une même pensée autour du souvenir vivant de Lafayette et des fondateurs de la République.

Si la guerre européenne recommençait, les Américains reviendraient-ils chez nous ? Oui, si la guerre était amenée par une mauvaise foi évidente de l'Allemagne; alors c'est aussi la voix de leurs morts qui les appellerait.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les systèmes* 3I *dont toutes les droites appartiennent à un complexe linéaire.* Note de M. C. GUICHARD.

Je suppose toujours que l'axe du complexe coïncide avec le troisième axe de coordonnées. Je considère un déterminant O d'ordre 4

$$\Delta = \begin{vmatrix} x^1 & x^2 & x^3 & x^4 \\ \xi_1^1 & \xi_1^2 & \xi_1^3 & \xi_1^4 \\ \xi_2^1 & \xi_2^2 & \xi_2^3 & \xi_2^4 \\ \xi_3^1 & \xi_3^2 & \xi_3^3 & \xi_3^4 \end{vmatrix}.$$

[Les notations sont celles de mon Ouvrage *Sur les systèmes triplement indéterminés et sur les systèmes triple-orthogonaux* (Collection *Scientia*)].

Soit maintenant G une droite qui décrit dans l'espace ordinaire un système 3I, les paramètres directeurs de G pourront toujours être représentés par

$$i, \quad x^4, \quad x^3.$$

Les coordonnées complémentaires qui rendent le système 3I sont

$$x^1 \quad \text{et} \quad x^2.$$

On a ici

$$\frac{\partial x^4}{\partial u_1} = a\xi_1^4, \qquad \frac{\partial x^4}{\partial u_2} = b\xi_2^4, \qquad \frac{\partial x^4}{\partial u_3} = c\xi_3^4.$$

En se reportant aux résultats de ma précédente Note, on voit que si la droite G décrit un système formant un complexe linéaire on devra avoir, avec un choix convenable des variables u_1, u_2, u_3,

$$(1) \qquad a = \xi_1^4, \qquad b = \xi_2^4, \qquad c = \xi_3^4.$$

On voit que tout revient à trouver un déterminant Δ possédant les propriétés (1). De ces équations on déduit

$$(2) \qquad \beta_{ik} = \beta_{ki}.$$

Je pose maintenant

$$(3) \qquad X_1 = \frac{x^1}{1 + x^4}, \qquad X_2 = \frac{x^2}{1 + x^4}, \qquad X_3 = \frac{x^3}{1 + x^4}.$$

Le point M qui a pour coordonnées X_1, X_2, X_3 décrit un système triple orthogonal. Je désignerai par $|h_i|$ les fonctions de Lamé pour le système M

et par $|\beta_{ik}|$, les fonctions β_{ik} qui leur correspondent. On a

$$(4)\qquad |h_1| = \frac{a}{1+x^4},\qquad |h_2| = \frac{b}{1+x^4},\qquad |h_3| = \frac{c}{1+x^4}$$

et, par suite,

$$(5)\qquad |h_1^2| + |h_2^2| + |h_3^2| = X_1^2 + X_2^2 + X_3^2 = \frac{1-x^4}{1+x^4}.$$

Les formules

$$\frac{\partial |h_i|}{\partial u_k} = |\beta_{ki}|\,|h_k|$$

permettent de calculer les $|\beta_{ik}|$. En particulier on trouve

$$|\beta_{21}| = \beta_{21} - \frac{ab}{1+x^4},\qquad |\beta_{12}| = \beta_{12} - \frac{ab}{1+x^4}.$$

On voit que l'on a

$$(6)\qquad |\beta_{ik}| = |\beta_{ki}|.$$

On trouve des systèmes triples connus (*loc. cit.*, Chap. IX).

Quand on possède un système triple possédant les propriétés (6), il y a parmi les systèmes parallèles une infinité de systèmes possédant la propriété (5). Avec un tel système on pourra très simplement remonter au déterminant Δ.

En partant du déterminant Δ on peut facilement former les systèmes cherchés. Pour cela je forme dans un espace d'ordre 4 un système point O (X_1, X_2, X_3, X_4) en prenant, pour les fonctions de Lamé, les valeurs

$$(7)\qquad h_1 = \xi_1^3,\qquad h_2 = \xi_2^3,\qquad h_3 = \xi_3^3$$

qui satisfont bien aux équations

$$\frac{\partial h_i}{\partial u_k} = \beta_{ki} h_k.$$

Dans ces conditions les dérivées de X_4 sont les mêmes que celles de x^3; je choisis la constante d'intégration de telle sorte que

$$(8)\qquad X_4 = x^3.$$

Je pose maintenant

$$(9)\qquad Y = i\rho,\quad Y_1 = X_1 + \rho x^1,\quad Y_2 = X_2 + \rho x^2,\quad Y_3 = X_3 + \rho x^3,\quad Y_4 = X_4 + \rho x^4.$$

Le point qui a pour coordonnées (Y, Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) dans un espace

d'ordre (5) décrit quand ρ varie seul une droite; l'ensemble de ces droites forme un système I. La projection d'un tel système sur l'espace ordinaire forme un système 3I. Il en résulte que la droite définie par les équations

$$(10) \qquad Z_1 = i\rho, \qquad Z_2 = X_4 + \rho x^4, \qquad Z_3 = X_3 + \rho x^3$$

décrit un système 3I; en tenant compte de la relation (8) on voit que cette droite appartient à un complexe de paramètre i; par une homothétie on obtiendra un système 3I dont les droites appartiennent à un complexe de paramètre quelconque.

On sait qu'à un système droite 3I sont assemblées deux séries de systèmes points O (systèmes triples orthogonaux). On obtient ces systèmes O, en donnant dans les formules (10) à ρ la valeur fixée par l'équation

$$(11) \qquad Y_1 \pm i Y_2 = C,$$

C étant une constante. Soient P le point qui décrit un tel système; A, B, C, D, E, F les centres de courbure des trois surfaces de Lamé. [Ces centres de courbure sont placés comme l'indique la figure (1) de l'Ouvrage cité.] On a alors les propriétés suivantes :

Les droites AD, BE, CF *appartiennent au complexe. Parmi les systèmes droites assemblées au système* P, *il y a une infinité de systèmes appartenant au complexe.*

Il y a une infinité de systèmes P′ *parallèles au système* P *et tels que les droites analogues aux droites* AD, BE, CF *rencontrent l'axe du complexe.*

Enfin, en choisissant convenablement les variables u_1, u_2, u_3, on a les relations

$$\xi_1^3 = \beta_{23} - \beta_{32}, \qquad \xi_2^3 = \beta_{31} - \beta_{13}, \qquad \xi_3^3 = \beta_{12} - \beta_{21}$$

qui caractérisent la représentation sphérique des systèmes (P).

Remarque. — On aurait pu se poser un problème plus général. *Trouver les couples de systèmes* 3I *tels que les droites correspondantes des deux systèmes soient conjuguées par rapport au complexe.* On est ramené à la recherche des systèmes O opposés dans l'espace ordinaire (*loc. cit.*, Chap. IX).

M. **Georges Urbain** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Les disciplines d'une science. La Chimie.*

M. **Paul Janet** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de déposer sur le bureau de l'Académie un Ouvrage intitulé : *Problèmes et Exercices d'Électricité générale.* Cet Ouvrage est destiné à

donner aux étudiants l'occasion d'appliquer correctement les lois générales de l'Électricité et du Magnétisme sous des formes variées, et à bien comprendre le sens physique des méthodes du calcul différentiel et intégral; un certain nombre d'applications mécaniques simples montrent le lien étroit des deux sciences et donnent l'occasion de se servir à de fréquentes reprises du principe de la Conservation de l'Énergie.

Je dépose également sur le bureau le Tome I de la cinquième édition de mes *Leçons d'Électrotechnique générale*.

M. **Aimé Witz** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Les gazogènes et l'économie du combustible*.

ÉLECTIONS.

Par 36 voix contre 8 à M. *G. de Toni* et 3 à Sir *David Prain*, M. **Jean Massart** est élu Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. *Pfeffer*, décédé.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Charles Moureu** est élu Membre de la *Troisième Section de la Commission technique de la Caisse des recherches scientifiques*.

PLIS CACHETÉS [1].

M. **Georges Bourguignon** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 9 octobre 1916 et inscrit sous le n° 8317.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *La chronaxie dans les états pathologiques chez l'homme*.

(Renvoi à l'examen de M. A. d'Arsonval.)

---

[1] Séance du 17 mai 1921.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre du Commerce et de l'Industrie** invite l'Académie à désigner un de ses Membres qui la représentera au sein de la *Commission permanente de Standardisation*, réorganisée par le Décret du 11 janvier 1921.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Un Ouvrage posthume de M. Noël Bernard, intitulé : *Principes de Biologie végétale*. (Présenté par M. J. Costantin.)

2° Les fascicules 9 (2e Partie), 17 et 18 (2e Partie) des *Études de Lépidoptérologie comparée*, par Charles Oberthür. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

3° *Faune malacologique terrestre et fluviatile des îles Mascareignes*, par Louis Germain. (Présenté par M. L. Joubin.)

4° *L'élevage industriel des salmonidés*, par Eugène Juillerat.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les discontinuités des solutions de certaines équations de Fredholm.* Note de M. **Gaston Julia**.

1. On envisage l'équation de Fredholm suivante :

$$f(x) + \lambda \int_C N(x, z) f(z)\, dz = \varphi(x), \tag{1}$$

$\varphi(x)$ est holomorphe dans une région $\mathcal{R}$ du plan des x; C est une ligne joignant deux points a et b dans la région $\mathcal{R}$; $N(x, z)$ peut s'écrire

$$N(x, z) = \frac{G(x, z)}{H(x, z)},$$

G et H étant holomorphes lorsque x et z sont dans $\mathcal{R}$. Mais $H(x, z)$ peut s'annuler dans $\mathcal{R}$: ou, d'une façon précise, z décrivant C de a à b, l'équation $H(x, z) = 0$ admet des racines $x(z)$ intérieures à $\mathcal{R}$, et lorsque z décrit une petite région $\mathcal{R}_1$, entourant C, *aucune des racines* $x(z)$ *n'est intérieure à* $\mathcal{R}_1$. Ceci écarte des noyaux intéressants tels que $N(x, z) = \frac{1}{x - z}$, qui nécessitent une étude spéciale.

Soit Γ une ligne, intérieure à $\mathcal{R}$, joignant α à β, et telle que, lorsque x décrit Γ, de α à β, l'équation $H(x, z) = 0$ ait une racine simple $z(x)$ décrivant C de a à b (Γ est extérieure à $\mathcal{R}_1$). Le but de cette Note est de montrer que Γ *est, pour la solution* $f(x)$ *de* (1), *une ligne de discontinuité artificielle du type introduit par Hermite* (coupures d'intégrales définies).

2. Soient ξ un point de Γ, auquel correspond ζ sur C; x_0 et x'_0 voisins de ξ de part et d'autre de Γ, auxquels correspondent z_0 et z'_0 voisins de ζ et de part et d'autre de C.

Traçons la ligne Γ_1, voisine de Γ, joignant α à β de façon que, lorsque x décrit Γ_1, z décrive une ligne C_1, intérieure à $\mathcal{R}_1$, joignant a à b.

Pour préciser, le contour $\alpha\Gamma\beta\Gamma_1\alpha$, décrit dans le sens positif, contient x_0 et laisse x'_0 à l'extérieur; le contour $aCbC_1a$ contient z_0 et laisse z'_0 à l'extérieur. Envisageons les formules de Fredholm qui expriment la solution de (1) par

$$f(x) = \varphi(x) - \lambda \int_C \mathfrak{N}(x, z, \lambda)\, \varphi(z)\, dz. \tag{2}$$

Le noyau résolvant $\mathfrak{N}(x, z, \lambda)$ est défini par deux séries d'intégrales

$$\mathfrak{D}(x, z, \lambda) \quad \text{et} \quad \mathfrak{D}(\lambda)$$

où les intégrales sont toutes prises, *z décrivant* C.

Si x reçoit la valeur x_0 et ensuite la valeur x'_0 ces intégrales ont un sens, mais les valeurs de $\mathfrak{D}(x, z, \lambda)$ en x_0 et x'_0 ne sont pas voisines, bien que x_0 et x'_0 soient voisins. Au contraire, $\mathfrak{D}(\lambda)$ ne dépend pas de x.

Appelons $\mathfrak{N}_1(x, z, \lambda)$ ce que devient $\mathfrak{N}(x, z, \lambda)$ lorsque les intégrations sont faites *sur* C_1 *et non plus sur* C. On voit que $\mathfrak{D}(\lambda)$ ne change pas et qu'on a la relation

$$\begin{aligned} \mathfrak{N}_1(x_0, z, \lambda) &= \mathfrak{N}(x_0, z, \lambda) + 2i\pi\lambda \frac{G(x_0, z_0)}{H'_z(x_0, z_0)} \mathfrak{N}(x_0, z, \lambda), \\ \mathfrak{N}_1(x'_0, z, \lambda) &= \mathfrak{N}(x'_0, z, \lambda). \end{aligned}$$

Donc, si l'on désigne par

$$f_1(x) = \varphi(x) - \lambda \int_{C_1} \mathfrak{N}_1(x, z, \lambda)\, \varphi(z)\, dz,$$

ce que deviennent les formules de Fredholm quand toutes les intégrations se font sur C_1 on a

$$\left\{ \begin{aligned} f(x_0) &= f_1(x_0) - 2i\pi\lambda \frac{G(x_0, z_0)}{H'_z(x_0, z_0)} f(z_0), \\ f(x'_0) &= f_1(x'_0) \end{aligned} \right. \tag{3}$$

[Lorsque z est dans $\mathcal{R}_1$, les formules de Fredholm définissent sans difficulté $f(z)$, qui est holomorphe dans $\mathcal{R}_1$.]

Le terme $\frac{G(x_0, z_0)}{H'_z(x_0, z_0)}$ est le *résidu de* $\frac{G(x_0, z)}{H(x_0, z)}$ *pour le pôle* z_0.

3. Lorsque x_0 et x'_0 tendent vers ξ,

$$(4) \qquad \begin{cases} f(x_0) \text{ tend vers } f_1(\xi) - 2i\pi\lambda \dfrac{G(\xi, \zeta)}{H'_\zeta(\xi, \zeta)} f(\zeta), \\ f(x'_0) \text{ tend vers } f_1(\xi). \end{cases}$$

Or $f_1(\xi)$ n'admet comme ligne singulière que Γ_1, elle reste holomorphe en ξ sur Γ; on voit donc que $f(x)$ *est prolongeable analytiquement au delà de* Γ. Mais suivant qu'on passe de x_0 à x'_0 en traversant Γ ou en ne la traversant pas, le résultat final n'est pas le même. Γ *est une ligne de discontinuité artificielle* pour laquelle

$$(5) \qquad \lim_{x_0, x'_0 \to \xi} [f(x'_0) - f(x_0)] = 2i\pi\lambda \frac{G(\xi, \zeta)}{H'_\xi(\xi, \zeta)} f(\zeta).$$

4. Le résultat (5) peut s'établir directement à l'aide de l'équation (1) définissant $f(x)$. On forme la différence $f(x'_0) - f(x_0)$ dans laquelle on transforme les intégrales prises sur C en intégrales sur C_1, il vient

$$(6) \quad f(x'_0) - f(x_0) = 2i\pi\lambda f(z_0) \frac{G(x_0, z_0)}{H'_z(x_0, z_0)} - \lambda \int_{C_1} f(z) \left[\frac{G(x'_0, z)}{H(x'_0, z)} - \frac{G(x_0, z)}{H(x_0, z)} \right] dz + \varphi(x'_0) - \varphi(x_0).$$

En passant à la limite on obtient (5).

Puis en formant $f(x_0) + f(x'_0)$ à l'aide de (1), et transformant encore en intégrales prises sur C_1, il vient

$$(7) \quad f(x_0) + f(x'_0) = -2i\pi\lambda f(z_0) \frac{G(x_0, z_0)}{H'_z(x_0, z_0)} - \lambda \int_{C_1} f(z) [N(x'_0, z) + N(x_0, z)] dz + \varphi(x_0) + \varphi(x'_0)$$

qui, à la limite, donne

$$\begin{aligned} \lim [f(x_0) + f(x'_0)] &= -2i\pi\lambda f(\zeta) \frac{G(\xi, \zeta)}{H'_\xi(\xi, \zeta)} + 2\varphi(\xi) - 2\lambda \int_{C_1} N(\xi, z) f(z)\, dz \\ &= -2i\pi\lambda f(\zeta) \frac{G(\xi, \zeta)}{H'_\xi(\xi, \zeta)} + 2 f_1(\xi). \end{aligned}$$

On en déduit que $f(x_0)$ et $f(x'_0)$ ont séparément des limites données par (4).

5. Ces considérations sont susceptibles de généralisations faciles relatives au cas où ζ n'est pas racine simple de $H(\xi, \zeta) = 0$, au cas où C est fermée, etc.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les polynomes hypergéométriques.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Appell.

Les intéressantes propriétés que vient d'indiquer M. Félix Vaney pour des polynomes analogues à ceux de Laguerre (¹) ont attiré mon attention sur une propriété du même genre, mais beaucoup plus générale, qui permet de faire rentrer les polynomes hypergéométriques dans la classe des polynomes de M. Appell, et qui, je crois, n'avait jamais été remarquée.

1. Considérons le polynome d'ordre n en ξ défini par

$$R_n(\xi) = \xi^n F\left(-n, \beta, \gamma, \frac{\lambda}{\xi}\right),$$

où F est la fonction de Gauss, β, γ et λ des constantes indépendantes de n. Il est facile de voir que ce polynome est de la classe de M. Appell : on a en effet

$$\begin{aligned}\frac{dR_n}{d\xi} &= n\xi^{n-1}\sum_m \frac{(-n, m)(\beta, m)}{(\gamma, m)(1, m)}\frac{\lambda^m}{\xi^m} - \xi^n\sum_m \frac{(-n, m)(\beta, m)}{(\gamma, m)(1, m)}\frac{m\lambda^m}{\xi^{m+1}} \\ &= -\xi^{n-1}\sum_m \frac{(-n, m)(\beta, m)}{(\gamma, m)(1, m)}\frac{(m-n)\lambda^m}{\xi^m} = n\xi^{n-1}\sum_m \frac{(\beta, m)(-n+1, m)}{(\gamma, m)(1, m)}\frac{\lambda^m}{\xi^m} \\ &= nR_{n-1}.\end{aligned}$$

La même propriété appartient évidemment au polynome

$$S_n(\xi) = \xi^n \Phi\left(-n, \gamma, \frac{\lambda}{\xi}\right),$$

où Φ est la fonction de Kummer (cas limite de la fonction de Gauss) définie par

$$\Phi(\alpha, \gamma, x) = \lim_{\beta=\infty} F\left(\alpha, \beta, \gamma, \frac{x}{\beta}\right) = \sum \frac{(\alpha, m)}{(\gamma, m)}\frac{x^m}{(1, m)}.$$

Or, le polynome étudié par M. Vaney s'écrit précisément

$$P_n(x, a) = a^n \Phi\left(-n, 1, -\frac{x}{a}\right),$$

de sorte que, considéré comme fonction de a, il est du type ci-dessus et de la classe de M. Appell : c'est la curieuse propriété signalée par M. Vaney et dont on comprend ici la véritable nature.

(¹) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1151.

2. Les fonctions génératrices (au sens de M. Appell) des polynomes R et S sont intéressantes; on verra aisément, par exemple, que la fonction génératrice de R est

$$a(h) = \Phi(\beta, \gamma, -\lambda h),$$

de sorte que l'on a

$$\Phi(\beta, \gamma, -\lambda h)\, e^{h\xi} = \sum_n \frac{h^n}{n!} \mathrm{R}_n(\xi) \tag{1}$$

et de même

$$\mathrm{B}(\gamma, -\lambda h)\, e^{h\xi} = \sum_n \frac{h^n}{n!} \mathrm{S}_n(\xi), \tag{2}$$

où B est le second cas limite de la fonction de Gauss, défini par

$$\mathrm{B}(\gamma, x) = \lim_{\alpha, \beta = \infty} \mathrm{F}\left(\alpha, \beta, \gamma, \frac{x}{\alpha\beta}\right).$$

On sait d'ailleurs que B se ramène aux fonctions de Bessel, par la formule

$$\mathrm{B}(\gamma, x) = (\gamma - 1)\, i^{1-\gamma} x^{\frac{1-\gamma}{2}} \mathrm{J}_{\gamma-1}(2i\sqrt{x}).$$

La formule (2) n'est pas nouvelle : elle a été indiquée, sous une forme un peu différente et après de très longs calculs, par N. Sonine [1], dont le polynome T est, à un facteur constant près, égal au polynome S ci-dessus.

3. Des considérations analogues s'appliqueraient à la plupart des polynomes hypergéométriques à deux variables et à leurs cas limites.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques questions de calcul fonctionnel.* Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Hadamard.

1. Soit U une fonctionnelle dépendant de la fonction $x(t)$ définie dans l'intervalle (0, 1), et assujettie à vérifier la condition

$$\int_0^1 |x(t)|^p \, dt < \mathrm{R}^p. \tag{1}$$

Nous dirons qu'elle est *uniformément continue de degré p* si, quelque petit que soit ε, on peut déterminer η de manière que, dans le domaine (1),

---

[1] *Math. Annalen*, t. 16, 1880, p. 41.

l'inégalité

$$\int_0^1 |y(t) - x(t)|^p \, dt \leqq \eta^p$$

entraîne l'inégalité

$$(2) \qquad \big| \mathrm{U}|[y(t)]| - \mathrm{U}|[x(t)]| \big| \leqq \varepsilon.$$

Nous dirons qu'elle possède la *propriété* G_p dans un domaine si, quelque petit que soit ε, on peut déterminer n de manière que deux fonctions $x(t)$ et $y(t)$ de ce domaine, ayant mêmes moyennes d'ordres 1, 2, ..., p dans chacun des intervalles $\left(\frac{i-1}{n}, \frac{i}{n}\right)$, vérifient nécessairement l'inégalité (2).

Nous appellerons *polynome fonctionnel normal de classe p* une somme d'un nombre fini de termes de la forme

$$\int_0^1 \int_0^1 \cdots \int_0^1 \varphi(t_1, t_2, \ldots, t_p) x^{\alpha_1}(t_1) x^{\alpha_2}(t_2) \ldots x^{\alpha_p}(t_p) \, dt_1 \, dt_2 \ldots dt_p,$$

les exposants α_i étant au plus égaux à p, et la fonction φ étant telle que cette expression ait dans le domaine (1) la continuité uniforme de degré p définie ci-dessus.

On a le théorème suivant :

La condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonctionnelle soit représentable dans le domaine (1) *par une série uniformément convergente de polynomes fonctionnels normaux de classes p est qu'elle y soit uniformément continue de degré p et y possède la propriété* G_p.

Pour $p = 1$ ce théorème se réduit, à une petite modification près dans le domaine fonctionnel considéré, à un théorème démontré par Gateaux [1].

2. Nous dirons que U possède la *propriété* H dans un domaine si, quelque petit que soit ε, on peut déterminer n de manière que deux fonctions $x(t)$ et $y(t)$ de ce domaine ayant même fonction sommatoire [2] dans chacun des intervalles $\left(\frac{i-1}{n}, \frac{i}{n}\right)$, vérifient nécessairement l'inégalité (2).

Cette propriété apparaît comme la limite de la propriété G_p pour p infini. Elle caractérise sans doute les fonctionnelles représentables par des séries uniformément convergentes de polynomes fonctionnels normaux de classes quelconques. Je ne puis pour le moment donner à ce sujet un énoncé précis.

---

(1) *Acc. dei Lincei*, 21 décembre 1913.

(2) Au sens de M. Lebesgue, la fonction sommatoire $f(\xi)$ de $x(t)$ dans un intervalle est la mesure de l'ensemble des points de cet intervalle pour lesquels $x \leqq \xi$.

Pour les fonctionnelles représentables par de telles séries, la valeur de la moyenne dans une sphère de l'espace fonctionnel se calcule aisément par les formules données par Gateaux [1].

Quoi qu'il en soit de la relation entre la propriété H et la représentation par de telles séries, on a le théorème suivant :

Pour les fonctionnelles vérifiant la propriété H, *la moyenne dans une sphère a toujours une valeur bien déterminée.*

3. C'est une circonstance connue que, dans l'espace fonctionnel, de deux volumes donnés, l'un des deux est presque toujours négligeable devant l'autre. En particulier, si l'on divise un volume V en deux parties, l'une voisine de la surface extérieure S, l'autre intérieure à la précédente, la seconde est toujours négligeable devant la première, et par suite, la moyenne dans V d'une fonctionnelle uniformément continue U ne dépend que de ses valeurs sur la surface S. Cette remarque est précisée par l'énoncé suivant :

La moyenne dans le volume V *d'une fonctionnelle uniformément continue est égale à sa moyenne, calculée sur la surface* S *qui limite le volume* V, *en accordant à des éléments de surfaces égaux des poids proportionnels aux rayons de courbure moyenne de ces éléments.*

Il arrive d'ailleurs fréquemment que le rayon de courbure moyenne a presque partout la même valeur; alors les moyennes dans V et sur S sont égales.

D'une manière générale, il existe des catégories étendues de surfaces sur lesquelles toute fonctionnelle uniformément continue est *presque partout égale à sa moyenne* m, c'est-à-dire, en termes précis, comprise entre $m - \varepsilon$ et $m + \varepsilon$, quelque petit que soit ε, sauf dans une fraction négligeable de l'aire totale. Tel est le cas pour les surfaces convexes pour lesquelles le rayon de courbure des sections normales est toujours inférieur à un nombre fixe R.

Mais on peut aussi former des exemples de surfaces que l'on puisse diviser en tranches d'aires comparables, et pour lesquelles les valeurs de la courbure moyenne soient différentes. Pour une telle surface, la moyenne d'une fonctionnelle n'aura pas en général la même valeur sur la surface ou dans le volume qu'elle limite.

---

[1] *Bull. Soc. math.*, 1920.

ASTRONOMIE. — *Sur l'aurore boréale du 14-15 mai 1921 observée à Strasbourg.* Note de M. **Ernest Esclangon**, présentée par M. Deslandres.

L'aurore boréale exceptionnelle du 15 mai a pu être observée par un ciel favorable à l'Observatoire de Strasbourg dans la nuit du 14 au 15 mai.

C'est après minuit et après le coucher de la Lune que sa visibilité s'est fortement accentuée; la clarté de l'horizon Nord est devenue alors vraiment frappante.

Vers 1^h30^m (temps légal; 0^h30^m t. m. Greenwich) M. Rougier, astronome à l'Observatoire, en a noté les limites septentrionales de la partie brillante qui s'étendait depuis Θ Grande Ourse jusqu'à γ Cassiopée se perdant en ce point dans la Voie lactée. Il a cherché à voir des rayons ou des arcs auroraux, sans y réussir en raison de l'illumination du ciel par les lumières de la ville.

Par contre, M. North, notaire à Hochfelden, observant en rase campagne, a bien voulu nous communiquer les observations très complètes qu'il a pu faire du phénomène entre 1^h30^m et 3^h du matin.

Vers le Nord une immense lueur claire, jaune verdâtre, se détachait de l'horizon et, sauf la couleur, aurait pu être comparée à une lueur d'incendie.

A côté de ce foyer, mais séparé de lui et plus à l'Ouest, d'immenses faisceaux de rayons, couleur blanc d'argent, émergeaient de l'horizon et montaient presque jusqu'au zénith. Ces faisceaux changeaient lentement d'intensité et de forme, disparaissaient pour reparaître plus ou moins nombreux, redisparaître, etc.

Tout à fait à l'Ouest, alors qu'avait disparu le foyer jaune verdâtre de l'horizon Nord, la région des faisceaux lumineux s'évanouissait dans une sorte de touffe lumineuse et étendue mais de couleur foncée (rouge chaudron).

A 3^h15^m, le phénomène était encore très apparent, mais à 4^h le lever du jour en avait fait évanouir la visibilité.

PHYSICO-CHIMIE. — *Réactions chimiques et rayons de courbure.* Note de M. Luce, présentée par M. Lippmann.

Dans une Note précédente [1] M. Reboul et moi avons indiqué que l'action chimique d'un liquide sur un solide dépend de la forme de ce dernier, qu'elle est plus vive aux points où la courbure moyenne est la plus grande.

I. Voici les réactions que j'ai étudiées :

Action de dissolutions aqueuses très étendues de chlore, de brome, d'iode et d'hydrogène sulfuré sur l'argent et le cuivre.

Déplacement réciproque de métaux : fer, dans dissolutions très étendues de sulfate ou de chlorure de cuivre; zinc, dans les mêmes solutions et dans azotate et acétate de plomb, azotate mercurique, chlorure de platine; cuivre, dans chlorures d'or et de platine, azotate d'argent. Dans tous les cas, le dépôt (couches minces colorées, dépôt pulvérulent, cristaux) commence aux points où la courbure moyenne est la plus grande.

Attaque de métaux par solutions d'acides très étendues; les bulles de gaz se forment lentement d'abord aux angles et sur les rayures accidentelles ou faites à dessein. Si le polissage est imparfait, elles apparaissent partout à la fois; exemple zinc sur acide chlorhydrique.

Action de dissolution de soufre (benzène, sulfure de carbone, essence de térébenthine, alcool) sur le cuivre, le sulfure de cuivre (couche mince colorée ou dépôt noir) apparaît d'abord aux bords de la lame. L'influence de la courbure est particulièrement nette en opérant avec une solution saturée de soufre dans le benzène. Si la lame est parfaitement polie, le dépôt se fait instantanément aux bords et ne progresse que lentement vers le centre. Si la lame possède quelques rayures, elles noircissent en même temps que les bords. Une lame grossièrement polie noircit immédiatement sur toute sa surface.

Action de gaz ou de solutions extrêmement étendues sur des papiers imprégnés de réactifs appropriés (tournesol, hélianthine phtaléine, acétate de plomb).

II. Quand l'attaque produit un sel transparent se déposant en lame mince sur le solide, les colorations interférentielles de cette lame permettent de faire des mesures. J'ai opéré de deux façons :

Première méthode. — J'immerge pendant le même temps dans des solutions aqueuses d'halogène ou d'hydrogène sulfuré des fils de cuivre ou d'argent à bouts paraffinés de diamètres différents. Les fils retirés et séchés, je note la teinte de la lumière réfléchie normalement à leur surface. Les tables de Werthein ou de Rollet permettent de trouver l'épaisseur relative de la lame formée.

---

[1] G. Reboul et R. Luce, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 197.

Deuxième méthode. — J'immerge un cône métallique et je note après l'attaque les couleurs et les rayons de courbure correspondants. Exemple : un cône d'argent immergé pendant sept minutes dans une solution d'hydrogène sulfuré a donné les résultats suivants :

Diamètres.	Teintes (anneaux transmis).	Épaisseurs (unités arbitraires).
mm 5,1	brun	120
4,35	rouge carminé	133,5
4	violet	140,5
3,5	indigo	153
3	bleu foncé	166
1,1	vert bleuâtre	250
0,4	orangé	332

J'ai cherché si ces nombres vérifiaient la formule donnée par M. Reboul dans le cas des gaz :

$$a^q = \frac{b}{2R} + c,$$

dans laquelle a, b, c sont des constantes, $2R$ le diamètre et q l'épaisseur relative.

En prenant, dans le cas présent, pour constantes :

$$a = 1,0123, \quad b = 23,8871, \quad c = 0,3519,$$

on obtient, en remplaçant les lettres par leurs valeurs, les identités suivantes :

$$4,35 = 4,33; \quad 5,13 = 5,13; \quad 5,59 = 5,62; \quad 5,52 = 5,47;$$
$$7,64 = 7,61; \quad 21,39 = 21,36; \quad 58,41 = 59,36.$$

La formule se vérifie donc de manière satisfaisante. Il en est de même dans tous les cas étudiés.

Jusqu'à présent, l'influence de la courbure d'un solide se manifeste dans les liquides et les gaz de la même manière.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Application de la loi d'action des masses aux résultats obtenus dans la réaction de la galactosidase β sur le galactose en solution dans l'alcool propylique.* Note de M. **Marc Bridel**, présentée par M. L. Guignard.

En interprétant les résultats obtenus par Em. Bourquelot et Em. Verdon dans l'action de l'émulsine sur le glucose en solution dans des alcools

méthyliques de différents titres, M. O. Bailly est arrivé à cette conclusion que « la loi d'action des masses régit la réaction diastasique de synthèse et d'hydrolyse du méthylglucoside β et que l'application de cette loi permet de prévoir les résultats des expériences effectuées dans n'importe quel mélange d'eau et d'alcool méthylique » [1].

J'ai appliqué les formules indiquées par M. O. Bailly aux résultats obtenus en étudiant l'action de l'émulsine sur le galactose en solution dans des alcools propyliques de différents titres [2]. Mon but était de savoir si ces résultats s'accordaient avec la loi d'action des masses qui doit régir les actions fermentaires par le fait même qu'elles sont réversibles [3]. Dans le cas contraire, j'aurais acquis la preuve que l'équilibre n'a pas été atteint et l'on a vu que l'on a déjà montré expérimentalement qu'il en est ainsi dans les alcools propyliques à 45^g et à 55^g, à cause de la facile destruction de la galactosidase β à + 30° dans ces alcools et de l'action excessivement lente du même ferment à la température ordinaire.

Ces formules sont les suivantes :

$$\frac{x(c+x)}{(a-x)(b-x)} = \mathrm{K}, \tag{1}$$

$$x = \frac{\mathrm{K}(a+b)+c \pm \sqrt{[\mathrm{K}(a+b)+c]^2 - 4(\mathrm{K}-1)\mathrm{K}ab}}{2(\mathrm{K}-1)}, \tag{2}$$

dans lesquelles a représente le nombre de molécules-grammes d'alcool, b celui de molécules-grammes de sucre, c celui de molécules-grammes d'eau et x la quantité, en molécules-grammes, de sucre disparue au cours de l'expérience, le tout dans 100^{cm^3}.

K a été pris égal à 3,7, en le calculant d'après la formule (1) avec les chiffres fournis par l'essai dans l'alcool à 35^g pour 100^{cm^3} [4].

Le Tableau ci-après résume les résultats des calculs :

---

(1) *La loi d'action des masses régit-elle les réactions diastasiques?* (*Journ. Pharm. Chim.*, 7e série, t. **16**, 1917, p. 161).

(2) *Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 1130.

(3) Em. Bourquelot et M. Bridel, *Synthèses de glucosides d'alcools à l'aide de l'émulsine. La réversibilité des actions fermentaires* (*Journ. Pharm. Chim.*, 7e série, t. **6**, 1912, p. 164).

(4) On trouvera les chiffres qui ont permis de calculer les valeurs de a, b, c, x, dans un Mémoire détaillé.

Titre de l'alcool propylique.	a.	b.	c.	x observé : exp. I.	exp. II.	x calculé.
10.......	0,166	0,00269	4,871	0,00044	0,00047	0,00030
15.......	0,250	»	4,538	0,00064	0,00064	0,00045
25.......	0,416	»	3,871	0,00090	0,00089	0,00076
35.......	0,583	»	3,205	0,00095	0,00108	0,00108
45.......	0,750	»	2,566	0,00086	0,00092	0,00139
55.......	0,916	»	1,843	0,00092	0,00101	0,00174
65.......	1,083	»	1,150	0,00143	»	0,00208
70.......	1,166	»	0,771	0,00178	»	0,00235
75.......	1,250	»	0,400	0,00213	»	0,00247

En éliminant immédiatement les résultats obtenus avec les alcools à 45^g et à 55^g dans lesquels on sait déjà, par l'expérience, que l'équilibre n'avait pas été atteint, on voit que les différences entre les valeurs expérimentales de x et les valeurs calculées sont assez grandes, de près de 30 pour 100 dans l'alcool à 15^g et dans l'alcool à 65^g, de 24 pour 100 dans l'alcool à 70^g, de 18 pour 100 dans l'alcool à 25^g et de 13 à 14 pour 100 dans l'alcool à 75^g.

Dans les alcools à 10^g, 15^g et 25^g, c'est-à-dire dans les alcools plus faibles que celui avec lequel on a calculé K, les valeurs calculées sont plus faibles que les valeurs observées, tandis que dans les alcools plus forts, à 65^g, 70^g et 75^g, c'est l'inverse, la valeur calculée étant plus forte que la valeur observée.

Il nous semble que l'on peut interpréter ces résultats de la façon suivante :

Dans les alcools faibles, à 10^g, 15^g et 25^g, l'équilibre de la réaction a été atteint, alors que dans les alcools forts, à 65^g, 70^g et 75^g, il n'en est pas de même, ainsi que dans l'alcool à 35^g qui nous a servi à calculer la valeur de K. C'est ce qui explique que les valeurs expérimentales de x dans les trois premiers alcools sont plus fortes que les valeurs calculées.

Le fait suivant vient appuyer cette interprétation :

On a vu que, dans l'alcool à 35^g, il avait été combiné, en 117 jours, $0^g,1947$ de galactose pour 100^{cm^3}. On a laissé la réaction se continuer, à la température du laboratoire, pendant encore 76 jours, soit une durée totale de 193 jours. Dans l'espace de ces 76 jours, la quantité de galactose restée libre a passé de $0^g,2901$ à $0^g,2846$, soit une diminution de $0^g,0055$ pour 100^{cm^3}. La réaction s'est donc continuée lentement vers l'équilibre. Dans ces conditions, l'équilibre n'ayant pas été atteint dans l'essai fait dans l'alcool à 35^g, la valeur de K que l'on a obtenue est trop faible, K augmentant dans

l'équation (1) quand x augmente. Il s'ensuit que les écarts existant pour les essais dans les alcools forts entre la valeur calculée de x et la valeur expérimentale sont plus grands que ceux qu'on a indiqués, x augmentant dans l'équation (2) quand K augmente.

L'application de la loi d'action des masses à l'étude de l'action de la galactosidase β sur le galactose en solution dans l'alcool propylique a montré qu'au moment où les essais ont été arrêtés l'équilibre n'était atteint que dans les alcools faibles. Il faudrait donc, dans les alcools à 35^g, 45^g, 55^g, 65^g, 70^g et 75^g, prolonger de longs mois, et peut-être des années, l'action du ferment pour atteindre cet équilibre, en admettant même qu'on puisse y arriver. On conçoit la difficulté de pareilles expériences.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une cause de dispersion du colloïde dans une classe importante d'hydrosols.* Note de M. **A. Tian**, présentée par M. Haller.

Par suite de l'hydrolyse, toute solution d'un sel dont la base est peu soluble constitue un hydrosol : il faut cependant que la solution ne soit ni trop étendue, ni trop acide pour que le produit de solubilité de la base puisse être atteint. Cette classe d'hydrosols comprenant toutes les solutions de sels de métaux lourds, est particulièrement importante.

Il existe dans ces hydrosols une cause toute spéciale de stabilité, qui permet, dans de très larges limites, la réversibilité de leurs transformations. Cette cause est due à la dispersion spontanée de l'hydrate métallique colloïdal, qui résulte elle-même d'une action chimique.

J'ai récemment montré [1] que dans une pareille solution, le colloïde participe par sa surface à une réaction, neutralisation de la base insoluble par l'acide dissous, avec régénération du sel.

Il en résulte qu'au contact immédiat du colloïde la rétrogradation de l'hydrolyse est assez accentuée, beaucoup plus que dans le reste de la phase aqueuse. L'excès de sel reconstitué va donc, par diffusion, s'éloigner de la couche génératrice, subir l'hydrolyse normale et abandonner l'hydrate temporairement dissous. De nouvelles particules, évidemment plus petites que la particule qui leur a donné naissance, vont se former, d'abord très près de celle-ci. Puis par le même mécanisme ces particules seront divisées et transportées plus loin. Il y aura donc *dispersion du colloïde*.

Vérification expérimentale. — On peut par l'expérience prouver direc-

[1] *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1179.

tement la réalité de cette action en prenant, ce qui est plus commode et revient exactement au même, un sel dont l'acide et non l'hydrate est peu soluble. J'ai utilisé l'oléate de sodium.

Soit une solution, nécessairement hydrolysée, d'oléate de sodium recouverte d'une couche d'acide oléique. On constate, au bout de peu de temps, que la surface de séparation des deux liquides perd sa netteté. Une demi-heure après on voit une zone émulsionnée d'épaisseur appréciable : elle est surtout visible dans la partie supérieure du liquide aqueux qui se raccorde aux parois, entre le vase et le ménisque d'acide oléique ; après quelques heures la couche blanche et opaque tranche nettement sur l'excès de liquide, elle a alors quelques millimètres d'épaisseur; le lendemain elle en a environ 4 ; les jours suivants elle augmente très lentement et après plusieurs semaines son épaisseur ne dépasse guère 1^{cm}.

En outre, au-dessous de cette couche visible et dont le contour, au moins les premiers jours, est parfaitement net, se trouve une zone claire comme le reste du liquide, où pourtant de l'acide oléique en suspension est en excès sur la composition du liquide normalement hydrolysé. En effet, si la solution primitive a été colorée en rose par addition d'une trace de phénol-phtaléine, cette substance est non seulement décolorée dans la zone émulsionnée, mais à quelque distance de celle-ci. La décoloration est due, dans cette région, à l'excès notable des particules d'acide oléique, en sorte que la teneur en soude libre n'est plus suffisante pour colorer en rose la phtaléine, comme cela se produit dans la partie inférieure, normalement hydrolysée, de la solution. L'addition de phtaléine démontre, en outre, que la composition chimique de la phase aqueuse n'est plus la même en tous les points.

J'ai montré ensuite par des expériences qui seront décrites ailleurs que la division et la dispersion de l'acide oléique sont bien le résultat d'une action chimique et non le fait de la solution de savon agissant comme substance émulsionnante, quoique la production spontanée d'une émulsion par simple contact, à température constante, sans aucune agitation, soit bien improbable.

Des phénomènes importants se trouvent expliqués par ce mode de dispersion colloïdale.

Peptisation par les solutions hydrolysées de sels de métaux lourds des hydrates métalliques précipités. — On sait qu'il est généralement facile de dissoudre les hydrates métalliques dans les solutions salines de métaux lourds : par exemple, l'hydrate ferrique se dissout sans difficulté dans une solution pas trop étendue de perchlorure de fer.

Action détersive spontanée du savon. — La détersion exercée par une solution de savon, sans aucune agitation, propriété bien connue et souvent utilisée, peut s'expliquer par le même mécanisme : les matières grasses, surtout lorsqu'elles sont étendues sur une grande surface et à chaud, sont d'abord dédoublées en glycérine et acides gras, lesquels sont ensuite peptisés par la solution hydrolysée de leurs sels alcalins. Cette action du savon est, bien entendu, tout à fait indépendante de celle qui procède par émulsion directe, déterminée par des moyens mécaniques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Floculation du sulfure d'arsenic colloïdal. Principe d'une méthode d'étude.* Note de MM. **A. Boutaric** et **M. Vuillaume**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Parmi tous les phénomènes que présentent les solutions colloïdales, la floculation paraît un des plus propres à nous éclairer sur leur constitution. Les nombreux auteurs qui l'ont envisagée se sont surtout préoccupés des conditions à réaliser pour provoquer une floculation complète. Nous avons pensé qu'il serait intéressant d'étudier le mécanisme de la floculation et nous avons porté notre attention sur les modifications qui précèdent, dans la solution, la séparation entre le gel et le liquide intermicellaire.

1. Principe de la méthode. — Nous avons appliqué à l'étude de ces modifications la méthode spectrophotométrique utilisée antérieurement par l'un de nous pour suivre la formation des précipités [1] et certaines réactions en milieu coloré [2].

Sur l'un des faisceaux d'un spectrophotomètre de Féry, nous disposons une cuve en verre à faces parallèles, de $60^{mm},6$ d'épaisseur, contenant 50^{cm^3} d'une solution colloïdale de sulfure d'arsenic, préparée par l'action d'un courant d'hydrogène sulfuré sur une solution d'anhydride arsénieux à $2^g,5$ par litre.

a. A cette solution, on ajoute 50^{cm^3} d'eau et l'on note la position x_0 du prisme absorbant qui réalise l'identité des plages pour les deux faisceaux dans la région spectrale $\lambda = 575^{m\mu}$.

---

(1) A. Boutaric, *Contribution à l'étude des milieux troubles* (*Le Radium*, t. 11, 1914, p. 74, et *Annales de Physique*, 9e série, t. 9, 1918, p. 183).

(2) A. Boutaric, *Sur la vitesse de réduction du permanganate de potassium par l'acide oxalique* (*Comptes rendus*, t. 160, 1915, p. 711, et *Journal de Physique*, 5e série, t. 7, 1917, p. 152).

b. A 50^{cm^3} de la solution primitive, on ajoute 50^{cm^3} d'une solution d'un électrolyte de concentration convenable. L'opacité de la cuve va en augmentant; on rétablit l'égalité d'intensité des plages en déplaçant le prisme absorbant. Soit x la position de ce prisme à un instant quelconque t. Le coefficient d'absorption dû à la modification réalisée dans la solution à l'instant t par la présence de l'électrolyte est proportionnel à $x - x_0$.

2. *Variation du coefficient d'absorption en fonction du temps.* — La courbe de la figure 1 indique la variation du coefficient d'absorption en fonction du temps, obtenue en versant 50^{cm^3} d'une solution de KCl de concentration $\frac{6,5}{50}$ N dans 50^{cm^3} du colloïde.

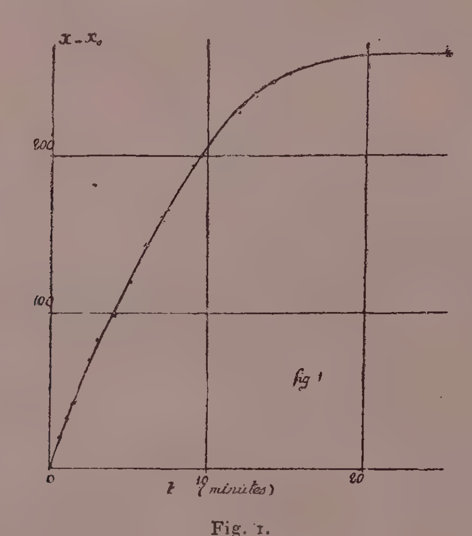


Fig. 1.

Le coefficient d'absorption croît d'abord très vite, puis de plus en plus lentement, il tend vers une limite. La séparation entre le gel et le liquide intermicellaire se produit *lorsque la limite est atteinte*, sous l'influence de causes très légères (agitation, fumée de tabac) témoignant d'une instabilité particulière du colloïde assez comparable à une sursaturation (¹).

On remarquera l'analogie de forme entre la courbe d'absorption et les courbes de magnétisme.

(¹) Si aucune cause extérieure n'intervient, la solution colloïdale peut être conservée pendant un temps variable; ceci explique l'incertitude des résultats obtenus sur la vitesse de floculation par les méthodes consistant à mesurer le temps qui s'écoule entre l'introduction de l'électrolyte et la floculation complète.

3. *Influence sur la courbe d'absorption de la présence, dans la solution colloïdale, d'un excès d'hydrogène sulfuré et d'un excès d'anhydride arsénieux.* — En étudiant, dans les mêmes conditions de température et de concentration, une même solution, on obtient des courbes d'absorption identiques, aux erreurs de lecture près (1 à 2 divisions de l'échelle du spectrophotomètre), ce qui permet d'augmenter la précision de l'expérience en la répétant un grand nombre de fois.

Il importe toutefois d'opérer sur des solutions *tout à fait identiques*.

a. En particulier, il est essentiel que la solution colloïdale ait été parfaitement débarrassée de tout excès d'hydrogène sulfuré.

Ainsi la figure 2 reproduit les courbes obtenues avec une solution de $BaCl^2$ à $\frac{3N}{2500}$ sur une solution colloïdale débarrassée d'hydrogène sulfuré (courbe *a*) et renfermant un excès d'hydrogène sulfuré (courbe *b*). On voit que l'excès d'hydrogène sulfuré, dans ce cas, accélère la variation de l'absorption.

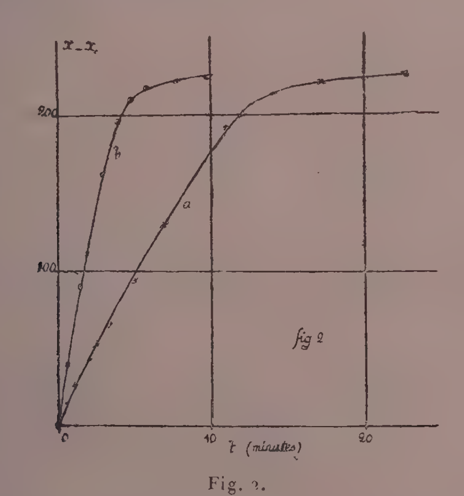


Fig. 2.

Des expériences analogues nous ont permis de constater que la présence d'un excès d'hydrogène sulfuré exerce une influence variable suivant la nature de l'électrolyte. Elle retarde très nettement la floculation pour les chlorures alcalins et le chlorure d'aluminium. Elle l'accélère pour les chlorures de baryum, calcium, strontium. L'influence est beaucoup plus faible, presque nulle, pour les chlorures de manganèse et de magnésium.

b. La présence d'un excès d'anhydride arsénieux a une influence très faible. Nous avons constaté qu'elle accélère légèrement l'augmentation de l'opacité pour tous les électrolytes étudiés. L'accroissement est parfaitement sensible, mais faible, pour un excès d'anhydride arsénieux égal à $2^g,5$ par litre (la solution contient alors une quantité d'anhydride arsénieux libre égale à celle transformée en sulfure d'arsenic).

En résumé, pour avoir des floculations parfaitement comparables, il importe que la solution colloïdale ne contienne ni hydrogène sulfuré libre (le liquide intermicellaire, après filtration, ne doit pas noircir avec l'acétate de plomb), ni anhydride arsénieux libre (le liquide intermicellaire ne doit rien donner avec l'hydrogène sulfuré); la présence d'un excès d'anhydride arsénieux ayant d'ailleurs une influence beaucoup moins sensible que celle d'un excès d'hydrogène sulfuré.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Contribution à l'étude des huiles de pépins de raisin.* Note de M. **Émile André**, présentée par M. Ch. Moureu.

En France, l'extraction de l'huile contenue dans les pépins de raisin a été l'objet de diverses études pendant la première moitié du XIX[e] siècle; elles n'ont abouti à aucun résultat pratique ([1]). Au cours de la dernière guerre, la pénurie de matières grasses amena l'Intendance militaire à reprendre l'étude de cette question; une usine installée à Villefranche-sur-Saône a extrait des quantités importantes d'huile de pépins de raisin; quelques industriels des départements de l'Hérault et du Var s'y sont également intéressés; mais, ces efforts méritoires n'ont pas réussi à vaincre l'indifférence des viticulteurs français qui négligent, comme par le passé, les profits qu'ils pourraient tirer de l'exploitation des sous-produits de la vigne.

Au point de vue chimique, l'huile de pépins de raisin est mal connue, les données que l'on trouve dans les traités spéciaux et dans les diverses publications périodiques sont assez nombreuses, mais elles sont à tel point discordantes qu'elles paraissent contradictoires. La densité, l'indice de saponification, l'indice d'iode, l'indice d'acétyle sont tellement variables qu'il paraît impossible de leur fixer aucune limite.

Dans le but d'éclaircir, s'il était possible, ce point particulier de la chimie des matières grasses, nous avons entrepris quelques recherches dont les premiers résultats font l'objet de la présente Note.

Nous avons examiné onze échantillons différents d'huile de pépins de raisin; six ont été préparés au laboratoire en épuisant par l'éther de

---

([1]) Bastilliat, *Compte rendu des travaux de la Société des Arts et Sciences de Mâcon*, 1813. — Julia Fontenelle, *Journal de Chimie médicale*, 1827, p. 66. — Roy, *Recherches sur la nature physique et chimique de l'huile de pépins de raisin* (*Thèse de l'École supérieure de Pharmacie de Paris*, 1840.

pétrole [1] des pépins de raisin récoltés par nous-même; trois autres provenaient des Huileries Maurel et Prom à Marseille où ils avaient été obtenus par pression de pépins de raisin noir d'origine italienne; les deux derniers nous ont été fournis par les Services de Santé et de l'Intendance militaires; ils provenaient de l'usine de Villefranche-sur-Saône.

On trouvera dans les deux Tableaux ci-dessous : 1° les renseignements généraux que nous avons pu nous procurer au sujet de chacun de ces échantillons; 2° les résultats que nous avons obtenus dans la détermination de leurs principales constantes physiques et chimiques.

Nos.	Raisins.	Année de la vendange.	Pays d'origine.	Teneur en huile. %.	Couleur de l'huile.	Observations.
1...	Blancs	1918	Touraine	13,3	Jaune vert clair	Pépins retirés du marc après distillation
2...	Id.	1919	Id.	10,7	Jaune à peine vert	Pépins retirés de la cuve après soutirage du vin
3...	Noirs	1918	Id.	7,0	Vert clair	Id.
4...	Id.	Id.	Id.	14,0	Jaune vert	Id.
5...	Id.	Id.	Id.	14,4	Jaune clair	Id.
6...	Id.	Id.	Id.	11,3	Vert foncé	Pépins retirés du marc après distillation.
7...	Id.	Id.	Italie	»	Vert clair	Huile de 1re pression
8...	Id.	Id.	Id.	»	Id.	Huile de 2e pression
9...	Id.	1912	?	?	Jaune vert	Huile extraite par pression en 1913
10...	Id.	1918	France méridionale	»	Brun vert	
11...	?	Id.	?	»	Id.	

Nota. — Le n° 2 provenait d'une vendange à cépage unique le *Pineau;* les nos 3, 4 et 5 provenaient d'une même vendange composée de 90 pour 100 *Gamay* et 10 pour 100 *Grolleau;* le n° 3 a été extrait des petites graines (criblures); le n° 4 des pépins de grosseur moyenne; le n° 5 des grosses graines. Les trois huiles différaient par leur aspect (couleur) et par certaines de leurs propriétés physiques et chimiques.

---

(1) Nous avions pensé tout d'abord que ce dissolvant ne conviendrait pas pour extraire une huile signalée comme contenant des glycérides d'acides-alcools; en fait, les rendements qu'il fournit sont à peine inférieurs à ceux obtenus avec l'éther sulfurique qui dissout des substances résineuses et donne une huile moins pure.

		Indices				
Nos.	Densité.	de réfraction.	de saponification (S).	d'iode (Hanus).	de saponification de l'huile acétylée (S').	d'acétyle ([1]) $S'-S\left(1+\frac{\lambda S}{1-\lambda S}\right)$.
1...	$D_{0°}^{18°}=0,9216$	$n_D^{18°}=1,4760$	183,7	135,0	201,7	20,9
2...	$D_{0°}^{20°}=0,9193$	$n_D^{20°}=1,4746$	182,5	107,0	194,0	13,3
3...	$D_{0°}^{16°}=0,9103$	$n_D^{18°}=1,4723$	180,0	121,3	197,7	20,4
4...	$D_{0°}^{18°}=0,9180$	$n_D^{18°}=1,4739$	180,0	112,5	205,6	29,6
5...	$D_{0°}^{18°}=0,9210$	$n_D^{18°}=1,4748$	183,0	116,0	201,7	21,4
6...	$D_{0°}^{20°}=0,9180$	$n_D^{19°}=1,4733$	184,0	127,5	212,8	33,4
7...	$D_{0°}^{20°}=0,9186$	$n_D^{19°}=1,4733$	171,0	103,0	189,7	21,4
8...	$D_{0°}^{20°}=0,9170$	$n_D^{19°}=1,4708$	179,0	94,3	204,3	29,2
9...	$D_{0°}^{20°}=0,9250$	$n_D^{19°}=1,4756$	191,1	126,0	206,6	18,1
10...	$D_{0°}^{20°}=0,9334$	$n_D^{19°}=1,4772$	189,5	122,2	231,8	49,3
11...	$D_{0°}^{20°}=0,9226$	$n_D^{20°}=1,4728$	186,7	129,0	210,5	27,7

Dans son Traité classique sur les huiles, graisses et cires, Lewkowitsch constate combien les données fournies sur l'huile de pépins de raisin sont divergentes et considère comme très désirable une nouvelle étude de cette huile ([2]).

Comme on peut en juger par l'examen des Tableaux ci-dessus, nos recherches confirment tous les résultats qui ont été publiés auparavant. Il n'est pas possible, croyons-nous, de fixer aucune limite pour les constantes physiques et chimiques de l'huile de pépins de raisin. C'est là un fait qui, à la réflexion, ne paraît pas aussi extraordinaire qu'on pourrait le croire. Le *Vitis vinifera* L. est une plante déformée par de nombreux siècles de culture; c'est à peine si elle est capable de vivre lorsqu'elle est privée des soins du viticulteur, le nombre de ses variétés est si grand et celles-ci sont fixées depuis si longtemps que l'on ne peut guère s'étonner que les huiles fournies par leurs graines puissent être si différentes.

([1]) $\lambda=0,75$ est une constante particulière à tous les éthers acétiques (*Comptes rendus*, t. **172**, 1921, p. 984).

([2]) 5e édition anglaise, vol. 2, page 385 et suiv.

CRISTALLOGENÈSE. — *Sur la coloration artificielle des cristaux obtenus par solidification d'une substance fondue et sur la diffusion cristalline.* Note de M. **Paul Gaubert.**

Les recherches sur la coloration artificielle des cristaux en voie d'accroissement ont surtout été faites par l'addition d'une matière colorante à leur eau-mère. Il semble qu'il est plus facile d'arriver au même résultat en colorant la substance fondue qu'on fait ensuite cristalliser par refroidissement. Ce procédé, employé avec succès pour reproduire le rubis et le saphir, réussit très rarement avec les autres substances. En effet, si la plupart des matières fondues et surtout les corps organiques se colorent bien, au moment de la cristallisation la matière colorante est rejetée et ce n'est que dans des cas exceptionnels qu'il se produit une véritable coloration par suite de la formation d'une solution solide. J'en ai déjà signalé quelques-uns [1] et le but de cette Note est non seulement d'en indiquer de nouveaux, mais de montrer que la diffusion dans les cristaux ainsi colorés est quelquefois possible.

Les cristaux obtenus par solidification d'une masse fondue contenant une matière colorante sont toujours en apparence colorés, mais l'examen microscopique et l'étude du polychroïsme montrent qu'il s'agit d'inclusions solides de la matière colorante dans le cristal, inclusions plus ou moins petites, plus ou moins régulières, habituellement cristallines, dont le volume, la forme et l'orientation dépendent de la nature de la matière colorante et du cristal à colorer. Parfois, on a affaire à un mélange eutectique.

Après de nombreux essais, j'ai constaté que l'indophénol ou bleu de Java permet de colorer les cristaux de vanilline, de terpine, de pipéronal ou héliotropine, de benzine bibromée, de benzine quadrichlorée, de nitrochlorobenzile, de sulfonal, de trional, de codéine, de cinchonamine, etc. En outre, j'ai observé que les cristaux ou sphérolites de vanilline et de terpine se colorent par presque toutes les matières colorantes organiques.

Les résultats obtenus sont identiques à ceux que j'ai déjà observés avec les cristaux produits dans une eau mère colorée, si l'on considère les propriétés physiques des cristaux. Ainsi, pour chaque sorte de faces limitant le cristal, la matière colorante pénètre d'une manière inégale, aussi les cristaux

(1) P. Gaubert, *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 1073.

d'une même substance peuvent-ils présenter des teintes très variées et montrent fréquemment la structure en sablier.

La plupart des corps organiques présentent plusieurs modifications polymorphiques pouvant parfois se produire simultanément sur une lame de verre porte-objet. Chacune d'elles prend une teinte particulière par suite de l'inégalité de capacité d'absorption de la matière colorante et aussi parce que possédant un ellipsoïde optique particulier, elles montrent un polychroïsme spécial. Ainsi les quatre modifications de la vanilline, les deux du benzoate de naphtyle et de la cinchonamine ont des teintes différentes, ce qui permet de les reconnaître facilement.

Un fait intéressant que peuvent montrer parfois les cristaux obtenus par le procédé étudié ici, est la diffusion de la matière colorante *dans le réseau cristallin sans que celui-ci soit détruit* (¹). Le phénomène est facile à observer avec les cristaux de pipéronal et de benzophénone (modification fondant à 48°,5).

Les cristaux de pipéronal se colorent en rouge violacé avec l'indophénol, mais seulement dans les secteurs limités par certaines faces d'accroissement; les parties correspondant à l'accroissement d'autres faces peuvent être incolores ou colorées, mais alors par des inclusions cristallines d'indophénol, qui parfois ont toutes une orientation identique, ce qui donne à la plage considérée un fort polychroïsme. Les secteurs colorés constitués par une solution solide peuvent être tout à fait transparents, homogènes et sans aucune trace d'inclusion. Mais au bout de quelques jours, si la préparation n'est pas déplacée et, presque instantanément, si elle est chauffée ou si elle subit des chocs répétés, la teinte s'affaiblit beaucoup et il se produit un grand nombre d'inclusions cristallines d'indophénol, ayant toutes la même orientation. Par conséquent, les molécules de la matière colorante, d'abord réparties régulièrement dans le cristal de pipéronal, ont diffusé dans le réseau de ce dernier pour former elles-mêmes de petits cristaux. La solution solide primitive n'est donc pas stable, il y a pour ainsi dire sursaturation cristalline.

Les cristaux de benzophénone présentent le même phénomène, mais comme ils ne se colorent que si la vitesse de cristallisation est grande, on peut attribuer la sursaturation à ce que les molécules de matière colorante,

---

(¹) M. Wallerant (*Comptes rendus*, t. 142, 1906, p. 100) a étudié la diffusion qui se produit dans les cristaux mixtes au moment des transformations polymorphiques. Le phénomène est donc différent.

si elles ne dépassent pas un certain nombre, conservent avec les particules cristallines les liaisons qu'elles avaient avec les molécules du liquide.

La diffusion de la matière colorante dans le réseau du cristal étant une conséquence de la sursaturation, il est tout naturel qu'elle n'ait pas été constatée dans les cristaux obtenus d'une eau-mère (1).

La diffusion des molécules de matière colorante dans un cristal et la formation d'inclusions cristallines secondaires, de même orientation, permettent de donner une explication de l'origine des inclusions lamellaires d'ilménite dans les cristaux d'hypersthène et de diallage.

Du fer titané existant dans le magma a dû former une solution solide avec le pyroxène. Plus tard, par suite d'actions mécaniques et calorifiques subies par la roche contenant les cristaux, la matière étrangère se trouvant à l'état instable dans le cristal s'est séparée sous forme d'inclusions orientées. Le fait que des cristaux d'augite présentent la structure en sablier, qui montre qu'ils contiennent une matière étrangère au cristal, vient à l'appui de cette explication.

GÉOLOGIE. — *Échelle stratigraphique de la Kabylie des Babors.* Note (2) de MM. **F. Ehrmann** et **J. Savornin**, présentée par M. Ch. Depéret.

La Kabylie des Babors comprend tous les massifs côtiers qui forment à l'admirable golfe de Bougie un décor grandiose.

Tissot et Brossard ont été longtemps les seuls géologues qui aient eu l'occasion, il y a plus de quarante ans, d'y faire des recherches géologiques suivies. Les documents qu'ils ont laissés (3) sont malheureusement fort vagues. M. Ficheur a précisé divers points de détail, en 1890 (4), puis en 1904 (5), et dans l'intervalle a été publiée la troisième édition de la Carte géologique au $\frac{1}{800000}$ (1900). Cette carte montre plusieurs étages mésozoïques. Mais leurs superpositions paraissent comporter de telles lacunes que des géologues n'ayant point vu le terrain ont cru pouvoir récemment

(1) S. Ruzicka, *Zeit. phys. Ch.*, t. 72, 1910, p. 381.

(2) Séance du 17 mai 1921.

(3) Notes manuscrites de Brossard : *Texte explicatif de la Carte géologique provisoire au $\frac{1}{800000}$ du département de Constantine*, par J. Tissot (Alger, 1881).

(4) E. Ficheur, *Description géologique de la Kabylie du Djurjura.*

(5) H. Jacob et E. Ficheur, *Notice sur les travaux récents de la Carte géologique de l'Algérie* (*Ann. des Mines*, octobre 1904).

écrire [1] que la structure de cette région se résume en « une série de digitations (d'une nappe de charriage) dont les têtes correspondent à des barres calcaires liasiques chevauchant les marnes crétacées ».

L'un de nous a rétabli les faits en rappelant [2] que « la stratigraphie de ces massifs est encore à faire, la tectonique suivra ». Grâce aux levés de détail entrepris par F. Ehrmann, pour les cartes au $\frac{1}{50000}$, cette étude est aujourd'hui assez avancée pour que nous en exposions les résultats généraux, contrôlés par des observations faites en commun.

La série des formations reconnues est la suivante :

Permien. Psammites rouges classiques, formant noyau d'un vaste anticlinal dans la vallée inférieure de l'oued Agrioun. Ailleurs, simples traces des mêmes roches emballées dans le Trias.

Trias. Complexe habituel d'argiles bariolées et roches diverses avec gypse et sel gemme. Situations variées, comme toujours, mais avec fréquence de la position normale sous le Lias. Extension superficielle considérable.

Série liasique. L'Hettangien, tel qu'il est bien connu, dans les régions hodnéennes et autres, n'a pas été rencontré. Les faciès lithologiques du Lias inférieur et moyen ressemblent à ceux du Djurjura ou du Bou-Taleb : calcaires massifs avec dolomies, bancs oolithiques, etc. Brossard y a recueilli *Amalthæus spinatus* et *Lytoceras fimbriatum*, qui caractériseraient le Domérien. Nous n'y avons point encore découvert la zone à *Pygope Aspasia*, si remarquable ailleurs et connue à Bougie. Nous attribuons au Lias supérieur une puissante série de calcaires marneux, réglés ou lités, même avec feuillets schisteux. Brossard et M. Ficheur en ont rapporté *Grammoceras radians* et *Lioceras complanatum*.

Oolithique inférieur. Concordant avec le groupe qui précède et formé de calcaires en bancs nombreux, généralement riches en silex. De puissantes lentilles dolomitiques, fort étendues, s'y intercalent. On sait que ce groupe, inconnu au Djurjura, est relativement peu épais au Sud de Sétif, où l'un de nous y a cependant signalé des horizons fossilifères [3].

Oolithique moyen. A l'inverse du précédent, ce groupe d'étages est beaucoup moins puissant qu'au Sud de Sétif et le contraste est frappant. Une faunule d'Ammonoïdés, *Lytoceras*, *Rhacophyllites*, encore insuffisante, pourra se compléter et servir à le caractériser.

A la partie inférieure s'observe d'ailleurs l'*Argovien*, aux colorations rouges, d'une

---

(1) L. Gentil et L. Joleaud, *Les nappes de charriage de l'Afrique du Nord* (*Revue générale des Sciences*, 15 octobre 1918, p. 436).

(2) J. Savornin, *Études sur les nappes de charriage de l'Afrique du Nord* (*Bull. Soc. Hist. nat. Afr. du N.*, 15 mars 1920, p. 44).

(3) J. Savornin, *Étude géologique de la région du Hodna et du Plateau Sétifien* (*Bull. Carte géol. Algér.*, 2e sér., n° 7, p. 154).

constitution identique à celle qu'il revêt à Batna et au Bou-Taleb, où sa faune est riche. Dans les Babors, on n'y voit que des *Aptychus* [1].

Nous n'avons pu identifier l'*Oolithique supérieur;* mais sa place, réduite, peut aisément être marquée en plusieurs points.

Nous mentionnons à part le *Berriasien*, car il constitue, comme l'*Argovien*, un repère précis permettant de faciles comparaisons lithologiques avec le Bou-Taleb et Batna. Comme il arrive en cette dernière localité, on n'y trouve généralement que des *Aptychus*. Il se rattache à toute la série oolithique sous-jacente par continuité de sédimentation.

De nombreux épisodes détritiques, précurseurs de ceux signalés dans le Crétacé [2], sont marqués par des inclusions de petits galets épars à différents niveaux depuis le Lias supérieur.

L'*Eocrétacique* débute par la zone à *Kilianella Roubaudi*, qui, comme au Bou-Taleb et à Batna, inaugure un ordre de choses nouveau, avec phénomènes de transgressions locales et de discordances. Il est constitué par des marnes et calcaires marneux, fortement schistoïdes, avec intercalations fréquentes de conglomérats spéciaux. On trouve des céphalopodes de faciès bathyal jusque dans ces poudingues. L'*Hauterivien*, le *Barrémien* et l'*Aptien* offrent les mêmes particularités lithologiques, avec variations de détail.

L'*Albien* et le *Cénomanien*, indépendants en général de tous les étages sous-jacents, ressemblent à ce qu'ils sont dans la chaîne des Biban. Toutefois, la zone à *Mortoniceras inflatum*, dont l'un de nous a montré l'importance dans ces régions méridionales, ne paraît jusqu'ici représentée que par un horizon riche en *Belemnopsis ultimus*.

Les deux étages sont encore localement pourvus de bancs poudinguiformes. Ils demeurent généralement groupés.

Le *Sénonien*, sous ses faciès septentrionaux de marnes noires à lentilles calcaires, patinées d'ocre jaune, et de calcaires marneux à *Inocérames*, se reconnaît aisément. Il est largement transgressif, comme on sait, jusqu'au revers nord de la chaîne des Biban.

Les étages tertiaires sont rares et mal conservés. Le *Suessonien* est relégué au Sud. M. Ficheur a signalé des traces de *Mésonummulitique* au Kef Roubba [3]. Le *Néonummulitique* est reconnaissable à Tizi Kfrida. Mais c'est surtout à l'Ouest qu'il se développe, comme le montre la carte.

---

(1) F. Ehrmann, *Le Jurassique moyen et supérieur dans la chaîne des Babors (Algérie)* (*Comptes rendus somm. séances Soc. géol. de France*, 7 juin 1920, p. 117).

(2) F. Ehrmann, *Sur un important mouvement orogénique au début du Crétacique dans la Kabylie des Babors* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 860).

(3) H. Jacob et E. Ficheur, *loc. cit.*, page 34 du tirage à part.

Après M. Ficheur, nous avons reconnu le *Cartennien* (¹), dont l'un de nous a découvert de nouveaux affleurements se reliant avec ceux de l'est et du sud du Djurdjura.

En résumé, l'échelle stratigraphique de la Kabylie des Babors comprend presque tous les étages mésozoïques, déterminés soit par leurs faunes, soit indirectement par leurs ressemblances avec leurs équivalents d'autres régions.

Abstraction faite des particularités tectoniques, d'ailleurs très variées, les séries se montrent concordantes, avec solutions de continuité locales, dont la première est à la base du Valanginien, une autre sous l'Albien, la troisième sous le Sénonien. Ces lacunes et discordances se multiplient et se généralisent dans les séries tertiaires.

L'évolution orogénique de cette région est donc très comparable à celle de la Chaîne des Biban et des Monts du Hodna, qui portent les multiples empreintes de mouvements d'âge crétacé, nummulitique et néogène.

MÉTÉOROLOGIE. — *Les oscillations simultanées de la pression et du vent au sommet de la Tour Eiffel et leur relation avec la surface de grain* (*squall surface de J. Bjerkness*) *d'une dépression*. Note de M. **R. Dongier**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Dans une Note récente (²) j'ai montré que les oscillations simultanées du vent et de la température, observées dans certains cas au sommet de la Tour Eiffel, par pression barométrique sensiblement stationnaire, marquent le passage de la surface directrice (steering surface) qui, sur le front d'un cyclone en mouvement, sert de limite au secteur chaud.

Les mêmes instruments fournissent le moyen de mettre en évidence le passage de ce que M. J. Bjerkness appelle la surface de grain (squall surface) qui sert de limite à la partie, non plus antérieure, mais *postérieure* du secteur chaud.

A la suite du refroidissement déterminé par l'entrée en jeu des masses froides de l'arrière du cyclone, il arrive parfois qu'on observe, à la Tour Eiffel, par température sensiblement stationnaire, des oscillations concordantes, d'amplitudes très notables, du vent et de la pression. De pareilles

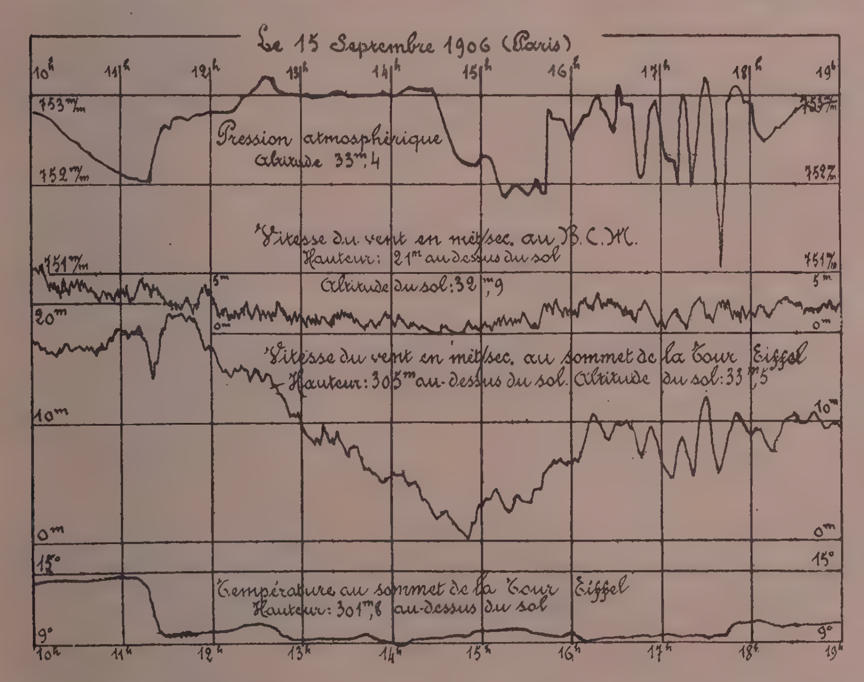
(¹) H. Jacob et E. Ficheur, *loc. cit.*, page 39 du tirage à part.

(²) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 699.

coïncidences ne se produisent pas fréquemment; dans les Mémoires annuels sur les Orages en France (1906-1910), je n'ai pu les signaler qu'un petit nombre de fois; elles présentent néanmoins un grand intérêt, car elles apportent un témoignage concret à la conception nouvelle de M. J. Bjerkness qui s'exprime ainsi à ce sujet : « L'air froid venant de gauche pénètre sous l'air chaud en forçant celui-ci à remonter rapidement et en exécutant *sans doute* ensuite des oscillations verticales » (1).

Le cas que nous allons mentionner s'est produit le 15 septembre 1906 (2).

La région parisienne se trouvait alors sous l'influence d'une dépression dont le centre cheminait du nord de l'Écosse (15 sept., à 7^h) vers le Danemark (16 sept., à 7^h). Le refroidissement s'est manifesté brusquement à 11^h20^m (voir les diagrammes de la figure ci-dessous); l'abaissement de



la température, de l'ordre de 5°, a été observé simultanément à tous les étages de la Tour Eiffel et au Bureau Central météorologique. Comme d'ordinaire en pareil cas, le baromètre a présenté une montée rapide atteignant

(1) *Ciel et Terre*, 1920, p. 241.

(2) R. Dongier, *Les Orages en France en* 1906 (*Ann. du B. C. M.*, t. 1, p. 329; Gauthier-Villars, Paris, 1909).

$0^{mm},6$, et le vent, de direction Ouest, a subi une saute vers le Nord, pour revenir bientôt à sa direction initiale (¹).

Ainsi donc, dans les portions basses de l'atmosphère, les masses chaudes ont été remplacées par des masses froides jusqu'à des hauteurs dépassant le sommet de la Tour Eiffel. Il est naturel de penser que les masses chaudes se sont élevées au-dessus des masses froides, et que l'ensemble a donné lieu à des courants juxtaposés de vitesses, de températures et de densités différentes. Ces courants ne se pénètrent pas notablement et ne cheminent pas nécessairement dans la même direction; leur frottement mutuel entraîne la production de vagues dont les effets, si les amplitudes sont assez grandes, peuvent être décelés par les oscillations concordantes de l'anémomètre et du baromètre.

De l'examen des diagrammes, il ressort que le vent au sommet de la Tour Eiffel et la pression ont présenté des oscillations simultanées entre $14^{h}30^{m}$ et 18^{h}; l'anémomètre a enregistré la composante horizontale, tandis que le baromètre a accusé l'existence d'une composante verticale. Cette production de mouvements ondulatoires dans le sens vertical est confirmée encore par l'existence d'une température à peu près stationnaire; le refroidissement dû à la détente adiabatique de l'air ascendant est alors exactement compensé, quand l'air est descendant, par le réchauffement dû à la compression adiabatique.

Ces conclusions sont en accord avec les vues si ingénieuses émises par M. J. Bjerkness; il serait désirable qu'elles pussent être confirmées par des observations directes, au moyen de dispositifs adaptés à la mesure de la composante verticale du vent.

BOTANIQUE. — *Sur les modifications de la forme et de la structure des Hépatiques maintenues submergées dans l'eau.* Note de MM. **Ad. Davy de Virville** et **Robert Douin**, présentée par M. Gaston Bonnier.

Divers auteurs ont fait, incidemment, quelques observations relatives à l'action du milieu sur les *Muscinées*. On trouvera de rares indications dans

(¹) Il importe de remarquer que l'abaissement de température qui marque le passage de la « squall line ou ligne de grain » de M. Bjerkness n'est pas toujours accompagné des manifestations violentes qui se produisent dans le cas ordinaire des grains. Ce phénomène, si redouté des aviateurs, n'est d'ailleurs pas spécial à la limite postérieure du secteur chaud; il se produit dans des conditions météorologiques variées et se reconnaît sur la carte synoptique par la structure en V des isobares.

les travaux de Kny [1] et de Cavers [2]. Maheu [3], dans ses études sur la flore des cavernes, Beauverie [4], puis Ulmo [5], en faisant quelques cultures expérimentales, ont obtenu des résultats plus précis. Récemment, l'un de nous [6] montrait que le milieu aquatique pouvait modifier profondément les *Muscinées*. Nos expériences mettent en évidence l'action de ce milieu sur les *Hépatiques*.

Ces recherches ont porté sur un certain nombre de types que nous avons cultivés dans des cristallisoirs sous une faible épaisseur d'eau qui était fréquemment renouvelée. L'immersion occasionne un arrêt momentané du développement de l'appareil végétatif qui continue bientôt à s'accroître, en se modifiant, tandis que les parties qui s'étaient développées dans les conditions habituelles se nécrosent peu à peu.

Riccia ciliata Hoffm. — Les thalles normaux, qui sont peu ramifiés, ont $0^{cm},5$ de long sur $0^{cm},1$ de large et sont garnis sur leurs bords de nombreux cils blanchâtres. Après trois mois de submersion, on observe une ramification abondante (jusqu'à cinq bifurcations successives) qui donne à la plante un port rappelant celui des *Riccia* aquatiques. Ces pousses, moins riches en chlorophylle, ont 2^{cm} de longueur, et les cils caractéristiques de l'espèce ont disparu. Les rhizoïdes, plus nombreux et plus longs, ne présentent plus que de rares épaississements, alors que d'ordinaire ils sont très abondants.

Fegatella conica Corda. — Cette espèce a donné des pousses subapicales dressées et ramifiées, d'un vert pâle, atteignant 7^{cm} de longueur sur $0^{cm},4$ de largeur, au lieu de 1^{cm} comme c'est le cas normalement. La dorsiventralité, fait déjà observé par Ulmo (*loc. cit.*), n'est pas atténuée, mais les stomates sont très saillants, et leurs parois sont fortement redressées, leur ouverture offrant un diamètre de 10^{μ}, alors qu'il n'est habituellement que de 5^{μ}. Dans les chambres aérifères, les cellules hyalines surmontant les poils chlorophylliens ont disparu.

Nous avons observé des modifications du même ordre sur le *Lunularia vulgalis* Mich.

Pellia calycina Nees. — Cultivé sous une faible couche d'eau, ce *Pellia* a donné naissance à des thalles non ramifiées de 6^{cm} de long sur $0^{cm},3$ de large, à bords fortement repliés longitudinalement. Par contre, en eau profonde de 20^{cm}, les pousses, après un même temps de culture, ne mesuraient que 2^{cm} de longueur et leurs bords n'étaient pas repliés. La pression de l'eau entrave donc le développement lorsqu'elle devient trop considérable. Ce nouveau facteur, dont on soupçonnait peu l'importance, doit être pris en considération.

---

(1) KNY, *Bau und Entwicklung von* Marchantia polymorpha *L.*, Berlin, 1890.

(2) CAVERS, *Annals of Botany*, t. 17, n° 69, 1904, p. 87-120.

(3) MAHEU, *C. R. du Congrès des Sociétés savantes*, 1906, p. 53-58.

(4) BEAUVERIE, *Ann. Soc. Linn. de Lyon*, t. 44, 1897, p. 57-69.

(5) ULMO, *Recherches sur les Marchantiacées*, 1913.

(6) AD. DAVY DE VIRVILLE, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 168-170.

Sphærocarpus terrestris Sm. — Dans l'eau, les thalles ♀ se dressent et s'allongent énormément. Ils ne présentent plus les nombreux lobes que l'on peut observer dans la nature et se montrent sous l'aspect de lames assez étroites, longues de 1^{cm} environ, portant des involucres dressés plus longs que les involucres normaux et largement évasés; même, sur certains thalles, ces involucres se sont développés sous forme de lames foliacées; ces résultats sont conformes à ceux signalés par Ch. et R. Douin [1] à propos de l'influence de l'humidité sur les *Sphærocarpus* (involucres ouverts ou fendus longitudinalement). Ces faits semblent aussi venir à l'appui des idées de certains auteurs qui considèrent les *Riella* comme des *Sphærocarpus* adaptés à la vie aquatique.

Calypogeia Trichomanis Corda. — Cette espèce a donné des pousses dressées de $2^{cm},5$ de longueur. Le Tableau suivant résume les différences observées :

Calypogeia Trichomanis Corda.	Type normal.	Type aquatique.
	mm	mm
Distance entre les feuilles	0,8	1,2
Cellules de la tige	0,070 × 0,035	0,133 × 0,035
Taille des feuilles	0,880 × 0,880	0,52 × 0,52
Cellules des feuilles	0,049 × 0,040	0,035 × 0,031

On constate donc, lorsqu'on a cultivé cette espèce dans l'eau, une élongation de la tige, ainsi qu'une diminution de la taille des feuilles et de leurs cellules dont les membranes sont moins épaisses. Dans la tige, les membranes des cellules externes ne sont plus cutinisées.

Le *Plagiochila asplenioides* Dum. et le *Lophocolea bidentata* Nees. ont présenté des modifications analogues.

Il résulte donc de ces faits que les *Hépatiques*, cultivées dans l'eau, sont susceptibles de s'adapter à leur nouveau milieu qui provoque des changements remarquables dans le développement, la taille, la structure et aussi dans la direction suivant laquelle se fait l'allongement de ces végétaux. Si ces formes étaient rencontrées dans la nature sans qu'on en connût la genèse, on n'hésiterait pas à les décrire comme des variétés ou même comme de bonnes espèces.

BOTANIQUE. — *Une nouvelle Asclépiadacée aphylle du nord-ouest de Madagascar*. Note de M. **P. Choux**, présentée par M. Gaston Bonnier.

On connaît aujourd'hui à Madagascar une trentaine d'espèces d'Asclépiadacées aphylles, et c'est à partir de 1906 que le nombre s'en est particulièrement accru, grâce aux travaux de MM. Costantin, Gallaud, Bois,

(1) Ch. et R. Douin, *Rev. gén. de Bot.*, 1917, n° 341, p. 123-136 et 1 planche.

Jumelle et Perrier de la Bâthie. Nous-même, en 1913-1914, avons fait connaître plusieurs espèces qui nous ont paru nouvelles.

La liste n'en est pas cependant entièrement close, puisque nous avons l'occasion de signaler aujourd'hui un genre nouveau.

La plante dont il s'agit a été récoltée en septembre 1920 par M. Perrier de la Bâthie dans des sables très secs de l'Ankarafantsika, c'est-à dire dans ces parties sèches du Boïna où l'on a déjà signalé maintes Asclépiadacées aphylles.

Les tiges, dépourvues de feuilles, sont nombreuses, dressées, mais peu raides. Si certaines s'allongent en s'appuyant sur les buissons d'alentour, d'autres retombent sur le sol où elles s'enracinent. Remarquons déjà que par son port notre plante s'écarte de la plupart des Cynanchinées aphylles malgaches, qui sont surtout des lianes, et parmi lesquelles on ne connaît que quatre espèces non grimpantes, le *Platykeleba insignis* N. E. Br., le *Cynanchum macrolobum* Jum. et Perr., le *C. Perrieri* Choux et le *C. compactum* Choux.

Les enveloppes florales n'ont aucune particularité bien caractéristique. Le calice, de petite taille, est à sépales ovales-triangulaires ou triangulaires arrondis et, dans ce dernier cas, aussi longs que larges ou même plus larges que longs. Leurs dimensions varient entre $1^{mm},1$ et $1^{mm},3$ de longueur sur $0^{mm},8$ à $1^{mm},6$ de largeur. Au niveau de chaque sinus calicinal, se trouvent deux à trois glandes, souvent inégales. La corolle est blanche, finement lisérée de rouge à la gorge. Les pétales, soudés à la base sur $2^{mm},5$ à 3^{mm}, et d'une longueur totale de $8^{mm},5$ à 1^{cm}, sont oblongs, à sommet obtus, entièrement glabres, et mesurent $2^{mm},3$ à $2^{mm},5$ de largeur.

Le principal intérêt est offert par la couronne, qui est formée de cinq pièces vertes, linéaires, très aiguës, s'élargissant cependant un peu à la base, et devenant par suite triangulaires dans cette région. Ces cinq languettes, aplaties dorsalement dans leur partie basilaire, sont soudées aux étamines. Un mince pont aplati latéralement relie les premières aux secondes. En outre — et c'est là le caractère important — ces pièces coronaires sont à peu près complètement indépendantes et nettement séparées les unes des autres. Chacune d'elles s'unit bien à sa voisine sur une hauteur de $0^{mm},1$ à $0^{mm},2$, formant même au point de jonction une minuscule pochette qui fait très légèrement saillie à l'extérieur; mais, comme les filaments coronaires ont une longueur totale de $4^{mm},2$ à $4^{mm},5$, dépassant de $2^{mm},5$ le sommet du gynostège, on peut considérer ces pièces comme presque complètement libres sur toute leur hauteur. De plus, si à leur extrême base, ces pièces sont confluentes et ont de $0^{mm},7$ à $0^{mm},8$ de largeur, elles

s'écartent très rapidement les unes des autres et s'amincissent progressivement jusqu'à devenir linéaires. A partir, cependant, du niveau de l'insertion des rétinacles sur le plateau stigmatique, elles ne se rétrécissent plus que fort peu jusqu'au sommet, où leur largeur est de $0^{mm},087$ à $0^{mm},105$. *La couronne n'a donc point cette forme de coupe, d'anneau ou de tube, qui sert à caractériser les plantes de la tribu des Cynanchinées, tribu à laquelle appartiennent toutes les Asclépiadacées aphylles signalées jusqu'ici à Madagascar.*

Les anthères sont surmontées par une membrane triangulaire, arrondie ou rectangulaire, toujours munie d'une pointe aiguë au sommet. Cette membrane, qui se rabat sur le plateau stigmatique, mesure de $0^{mm},407$ à $0^{mm},595$ de hauteur sur $0^{mm},542$ à $0^{mm},665$ de largeur.

Les pollinies elliptiques ($0^{mm},350$ à $0^{mm},385$ de hauteur sur $0^{mm},210$ à $0^{mm},227$ de largeur) sont pendantes à l'extrémité de caudicules obliques ($0^{mm},192$ de longueur) et un peu arqués, s'élargissant à leur insertion sur les pollinies. Le rétinacle, rouge, court, est de forme ovalaire ($0^{mm},192$ à $0^{mm},210$ de hauteur sur $0^{mm},148$ à $0^{mm},166$).

Le stigmate se compose d'un court pédicelle qui supporte un plateau de contour pentagonal. Chacun des angles du pentagone présente une minime dépression pour l'insertion des rétinacles; et, dans l'intervalle de ces angles, les bords sont fortement déprimés en arc de cercle. Le plateau est surmonté en sa partie médiane d'une portion conique très courte, qui ne dépasse pas $0^{mm},5$ de hauteur, le plateau lui-même ayant une hauteur sensiblement égale.

En définitive, tous ces caractères peuvent être résumés dans la diagnose suivante :

Aphyllum, ramis erectis, multis, parum rigidis. Flores albi, intus leviter rubri. Sepalis ovatis-triangulis, glandulosis, $1^{mm},1$-$1^{mm},3$ *longis,* $0^{mm},8$-$1^{mm},6$ *latis. Petalis oblongis, apice obtusis,* $8^{mm},5$-1^{cm} *longis,* $2^{mm},3$-$2^{mm},5$ *latis, basi* ($2^{mm},5$-3^{mm}) *concrescentibus. Corona viridi,* $4^{mm},2$-$4^{mm},5$ *alta; lobis quinque linearibus, apice acutis, basi leviter triangulis, fere omnino liberis, gynostegium multum* ($2^{mm},5$) *superantibus. Antheræ membrana triangula vel rotundata, apice acuta* ($0^{mm},407$-$0^{mm},595$ *alta,* $0^{mm},542$-$0^{mm},665$ *lata*). *Polliniis ellipticis. Stigmate apice leviter conico.*

Notre espèce ne nous paraît pas pouvoir rentrer dans la tribu des Cynanchinées, au sens où la comprend K. Schumann. Mais elle se placerait parmi les Asclépiadinées, qui jusqu'ici ne sont représentées à Madagascar que par deux espèces. Nous croyons, d'autre part, ne pouvoir la classer dans aucun des genres de cette tribu actuellement connus. Nous créerons donc le genre *Nematostemma* et notre espèce sera le *Nematostemma Perrieri*, que nous pla-

cerions volontiers à côté du genre *Metastelma* R. Br., qui comprend également (section *Amphistelma* K. Schum.) des espèces aphylles, telles que le *Metastelma aphyllum* Dcne, mais dont tous les représentants sont exclusivement de l'Amérique tropicale.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude du rôle physiologique des anthocyanes.* Note de M. **Stan Jonesco**, présentée par M. Gaston Bonnier.

La question des anthocyanes, qui a été tant discutée dans ces derniers temps, a reçu une solution presque définitive en ce qui concerne leur origine, leur formation et les conditions dans lesquelles elles se forment. A ce point de vue il suffit de citer les récentes recherches de Raoul Combes. Willstätter et ses élèves ont réussi à déterminer la composition et la formule chimique de ces corps.

Si sur ce terrain on a abouti à résoudre la question des anthocyanes, le problème reste complètement irrésolu au point de vue du rôle physiologique que ces pigments jouent dans la vie intime des plantes.

D'après Pringsheim, les anthocyanes se trouvant en grande quantité dans les feuilles, associées à la chlorophylle, elles auraient pour rôle de protéger le pigment vert contre l'intensité trop forte de la lumière. Les recherches ultérieures de Reinke et d'Engelmann ont démontré que la théorie de Pringsheim n'est pas fondée sur des faits rigoureusement établis.

Stahl, s'appuyant sur de nombreux faits observés dans la nature, leur a attribué un rôle très important dans l'élévation de la température des plantes. Enfin Palladine croit que les anthocyanes constituent des pigments respiratoires et jouent le rôle de corps de transition dans l'oxydation des matières qui servent dans la respiration.

Pour éclairer autant qu'il est possible le rôle physiologique de ces pigments, j'ai entrepris une série de recherches dans une voie différente de celle qui a été suivie par les auteurs dont il vient d'être question.

Il ne paraît pas convenable, dans l'état actuel de nos connaissances, d'étudier les glucosides anthocyaniques seuls, lorsqu'on s'occupe de leur rôle physiologique. Ces substances semblent tellement liées aux glucosides flavoniques qu'il est indispensable d'étudier ensemble ces deux groupes de corps. J'ai donc cherché à savoir ce que devient l'ensemble des anthocyanes et des glucosides flavoniques contenus dans des plantules rouges lorsqu'on place ces dernières à l'obscurité. J'ai dosé l'ensemble de

ces corps en épuisant les tissus au moyen de l'alcool à chaud, en précipitant ces glucosides à l'état de combinaisons plombiques, hydrolysant ces dernières et déterminant le pouvoir réducteur des produits d'hydrolyse obtenus. J'ai également déterminé la quantité de sucres réducteurs, sucres non réducteurs, d'amidons et de celluloses dans ces mêmes plantules de façon à établir le rapport qui peut exister entre les variations des anthocyanes et celles des substances hydrocarbonées.

Mes expériences ont porté sur des plantules de Sarrasin et de Blé de Bordeaux développées à l'obscurité. Dès que les plantules avaient atteint une longueur de 3cm à 5cm, elles étaient exposées à la lumière. Après 48 heures d'insolation, le Sarrasin et le Blé étaient fortement colorés par une anthocyane : le Sarrasin en rouge vif, le Blé en rouge violacé. J'ai fait porter mes analyses sur une première série de plantules s'étant pigmentées dans ces conditions et qui servait de témoin, tandis que deux autres séries étaient placées à l'obscurité dans une chambre noire, où je les laissais pendant 6, 10 ou 15 jours. Après 2 ou 3 jours de séjour à l'obscurité, les plantules ont été observées, et j'ai constaté qu'elles se développaient assez bien, tandis que leur coloration commençait à s'atténuer. Après 6 jours d'obscurité, lorsque la coloration avait sensiblement diminué sans disparaître complètement, car la base des tiges était encore colorée, j'ai fait, sur une série de plantules, une analyse semblable à celle qui avait porté sur le témoin. Après un séjour à l'obscurité de 10 jours pour le Blé et de 15 jours pour le Sarrasin, c'est-à-dire lorsque la coloration avait à peu près complètement disparu, j'ai fait l'analyse de la dernière série de plantules. Je réunis dans le Tableau ci-dessous les résultats de l'une des expériences faites; ces résultats sont rapportés à 100g de substance sèche.

		Blé rouge			Sarrasin rouge	
	Blé rouge.	6 jours à l'obscurité.	10 jours à l'obscurité.	Sarrasin rouge.	6 jours à l'obscurité.	15 jours à l'obscurité.
Glucosides anthocyaniques et flavoniques..	g 1,943	g 0,423	g 0,323	g 2,471	g 1,750	g 0,363
Sucres réducteurs.....	5,397	7,558	8,888	5,608	3,326	3,414
Sucres non réducteurs..	1,079	1,052	0,762	0,734	0,279	»
Amidons............	16,234	15,795	14,200	19,086	8,700	8,383
Celluloses............	1,468	2,186	4,503	0,876	1,228	1,654

L'examen de ce Tableau permet de faire les constatations suivantes :

1° Chez le Sarrasin comme chez le Blé ayant formé des pigments anthocyaniques à la lumière, et maintenus ensuite à l'obscurité, les glucosides anthocyaniques et flavoniques diminuent sensiblement à mesure que se prolonge le séjour à l'obscurité. Chez le Blé, nous voyons la quantité initiale de 1g,943 tomber à 0g,423, après 6 jours, et à 0g,323, après 10 jours. Chez le Sarrasin, la quantité initiale de 2g,471 tombe à 1g,750, après 6 jours, et à 0g,363, après 15 jours. Une grande partie de l'ensemble des glucosides anthocyaniques et flavoniques disparaît donc dans ces circonstances.

2° Dans les mêmes conditions, les sucres réducteurs évoluent de manière différente chez le Blé et chez le Sarrasin. Ils augmentent dans la première plante et diminuent dans la seconde.

3° Les sucres non réducteurs et les amidons diminuent.

4° Dans les deux plantes nous constatons une augmentation des celluloses. Cette augmentation est expliquée par le fait que les plantules continuent à croître à l'obscurité et forment, par conséquent, de nouveaux tissus.

L'observation des plantules colorées par des pigments anthocyaniques au cours de leur séjour à l'obscurité permet de constater nettement la diminution du pigment rouge. On pouvait supposer, ou bien que ces pigments se transforment, repassant par exemple à l'état de glucosides flavoniques, ou bien qu'ils sont détruits. Les analyses dont je viens de résumer les résultats montrent que cette dernière hypothèse doit être adoptée puisqu'une grande partie de l'ensemble des glucosides anthocyaniques et flavoniques disparaît à mesure que les plantules perdent leur pigment rouge.

Il semble donc qu'on puisse conclure de ces faits que les glucosides anthocyaniques et flavoniques sont susceptibles d'être utilisés par les plantes maintenues à l'obscurité dans les conditions où les expériences ont été réalisées.

PHYSIOLOGIE PATHOLOGIQUE. — *L'anaphylaxie chez les végétaux.* Note de MM. **Auguste Lumière** et **Henri Couturier**, présentée par M. Roux.

L'état de sensibilisation qui est conféré, chez les animaux, par l'injection d'une matière albuminoïde étrangère à leur organisme, est un fait dont le caractère est si général que nous avons eu l'idée de rechercher si ce phénomène pourrait aussi se manifester chez les végétaux.

Première expérience. — A cet effet, nous avons choisi, sur une plante d'oseille sauvage, quatre feuilles ayant les mêmes dimensions approximatives. Dans le pétiole de deux de ces feuilles, nous avons injecté, le 24 janvier, $\frac{1}{100}$ de centimètre cube de sérum de cheval; au bout d'un mois, aucune différence de végétation n'est perceptible entre ces quatre feuilles; nous injectons alors à l'une des deux feuilles ayant reçu l'injection préliminaire, ainsi qu'à l'une des feuilles témoins, $0^{cm^3},3$ de ce même sérum.

Pendant quatre jours, on n'observe rien d'anormal; mais à partir du cinquième, on voit la feuille qui a reçu les deux injections, préparante et déchaînante, se flétrir peu

à peu; au dixième jour, elle est complètement flétrie, alors que les autres feuilles continuent à végéter normalement.



Fig. 1. — Photographie faite 6 jours après les injections massives.

Deuxième expérience. — Prenant ensuite trois jacinthes, plantées dans le même pot et se trouvant par conséquent dans les mêmes conditions de vie, nous pratiquons



Fig. 2. — Les deux plantes ont reçu une injection massive. Photographie faite 6 jours après les injections massives.

dans le bulbe de deux d'entre elles, une injection de $\frac{1}{50}$ de centimètre cube de sérum de cheval; trois semaines après, nous constatons que la croissance n'a pas été

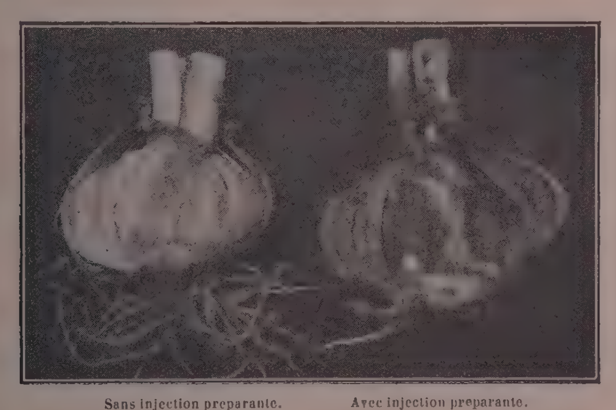
influencée par ce traitement : on injecte alors dans l'un des bulbes ayant reçu l'injection préparante et dans le bulbe non encore traité $\frac{1}{4}$ de centimètre cube du même sérum. Quatre jours après, la plante à laquelle on a administré les deux injections, préparante et déchaînante, commence à dépérir : au onzième jour, elle est flétrie complètement, alors que le développement des autres reste normal.

Troisième expérience. — Le 15 mars, on injecte dans des bulbes d'oignons, plantés 8 jours auparavant, $0^{cm^3},01$ de sérum d'âne, d'autres bulbes étant conservés par ailleurs comme témoins, dans les mêmes conditions ; 15 jours après l'injection préparante, qui n'a en rien modifié la croissance, nous injectons dans l'un des bulbes préparés, ainsi que dans le bulbe d'une plante témoin, $0^{cm^3},8$ du même sérum. Au quatrième jour, les feuilles du temoin se plissent légèrement, en conservant cependant leur rigidité, tandis que celles de l'oignon sensibilisé prennent une consistance molle. Au bout de 8 jours, l'état du témoin est demeuré stationnaire, tandis que la plante sensibilisée s'est complètement affaissée.

Si l'on sectionne les tiges de ces deux plantes, on constate que celles du témoin sont franchement vertes et de consistance normale, tandis que les autres sont ramollies, de couleur gris verdâtre et presque pourries.

Le bulbe témoin sectionné est normal, sans que l'on retrouve la trace de l'injection, alors que, chez l'anaphylactisé, la place de l'injection est marquée par une cavité remplie d'un magma brunâtre et la totalité du bulbe se trouve dans un état de pourriture déjà avancé.

Ces premiers résultats, superposables, montrent que l'état anaphylactique peut être créé chez les végétaux.



Sans injection preparante. Avec injection preparante.

Fig. 3. — Injections massives dans les deux bulbes.

Des expériences actuellement en cours ont pour objet de rechercher l'effet des différentes matières albuminoïdes, végétales ou animales, le degré de spécificité de la sensibilisation, la possibilité de désensibiliser les végétaux par l'administration de doses subintrantes et de comparer les caractères de cette anaphylaxie à ceux que l'on observe chez les animaux.

PHYSIOLOGIE. — *Glande interstitielle du testicule et caractères sexuels secondaires chez les Poissons.* Note de M. **R. Courrier**, présentée par M. Widal.

L'étude de la glande germinative mâle de l'Épinoche (*Gastrostous aculœtus*) nous a permis d'observer les faits suivants. Au début de mars, le testicule est en préspermatogenèse; des noyaux de Sertoli sont appliqués contre la membrane propre des ampoules spermatiques, et la lumière de ces canaux est occupée par les divers éléments de la lignée séminale : spermatogonies, spermatocytes, spermatides. Les tubes séminifères sont très distendus; les espaces intertubulaires sont presque virtuels; on y distingue de place en place quelques cellules conjonctives aplaties. La spermiogenèse apparaît aux derniers jours de mars. Elle s'effectue rapidement et bientôt les tubes séminifères ne contiennent plus que des noyaux de Sertoli, des spermatozoïdes et des spermatogonies. Tandis qu'a lieu cette évolution dans les canaux spermatiques, certaines modifications apparaissent au niveau des espaces intertubulaires. Ceux-ci s'agrandissent et se remplissent d'un tissu conjonctivo-vasculaire. Les cellules conjonctives, d'abord petites, grossissent considérablement; noyau et protoplasme s'hypertrophient parallèlement et de nombreux capillaires s'insinuent entre les éléments connectifs. Vers la mi-avril, les tubes séminifères sont moins dilatés; ils contiennent des spermatozoïdes qui s'orientent autour des éléments sertoliens. Il existe de très rares spermatogonies; spermatocytes et spermatides font entièrement défaut. Si l'on a traité l'objet par une technique spéciale, les éléments intertubulaires révèlent des détails cytologiques intéressants. Les cellules conjonctives ont acquis un aspect glandulaire parfaitement distinct; autour d'un noyau arrondi à gros nucléole central se trouve un protoplasme de structure différente suivant les éléments considérés. Il est le plus souvent foncé grâce à l'abondance de granulations extrêmement fines qui sont des mitochondries. D'autres cellules possèdent des granulations plus volumineuses et enfin quelques éléments renferment dans leur cytoplasme de gros grains de sécrétion. On a donc sous les yeux les différents stades d'un cycle sécrétoire. Ajoutons que ces cellules glandulaires s'orientent autour des vaisseaux sanguins, devenus très abondants dans les espaces intertubulaires. *Cette description montre nettement que nous sommes en présence d'une glande endocrine en activité : c'est la glande interstitielle du testicule.*

L'Épinoche présente un caractère sexuel secondaire bien marqué au

moment de la reproduction. Le mâle possède une parure de noces très spéciale, le dos est vert émeraude et la région ventrale devient rouge écarlate. Nous avons pu constater que c'était au moment où se produisent les premiers phénomènes sécrétoires dans les cellules interstitielles qu'apparaît la teinte rouge caractéristique. Les travaux de Bouin et Ancel sur le conditionnement des caractères sexuels secondaires chez les Mammifères ont mis nettement en évidence qu'ils étaient sous la dépendance d'hormones élaborées par les cellules interstitielles du testicule. Les faits d'observation que nous venons de relater tendent à montrer qu'il en est exactement de même chez des Vertébrés inférieurs comme les Poissons. Il ne peut s'agir ici d'une action provenant des cellules séminales, car au moment où apparaît la couleur rouge, la spermatogenèse est terminée et les tubes seminifères ne renferment que des spermatozoïdes et des éléments de Sertoli. Il paraît impossible d'attribuer aux premiers un rôle endocrine; quant aux seconds, les recherches des auteurs déjà cités les ont écartés de la question chez les Mammifères en montrant qu'ils ne subissent pas l'hypertrophie compensatrice dans la castration unilatérale et que les caractères sexuels secondaires peuvent se développer et se maintenir en leur absence.

Nous croyons donc qu'il y a lieu d'établir, chez l'Épinoche, une relation de cause à effet entre le fonctionnement de la glande interstitielle et l'apparition de la parure de noces.

Conclusions. — Il existe chez les Poissons (Épinoche) une glande interstitielle du testicule qui présente une évolution cyclique. Cette glande se développe quand la spermatogenèse est terminée. Les caractères sexuels secondaires se révèlent lorsque les cellules interstitielles sont en activité glandulaire; ils paraissent conditionnés par les hormones sécrétées par ces cellules.

Des recherches expérimentales sont en cours en vue de compléter ces faits d'observation.

HISTOLOGIE. — *Nouvelle technique pour les inclusions et les préparations microscopiques des tissus végétaux et animaux.* Note de Mlle LARBAUD, présentée par M. Gaston Bonnier.

La méthode la plus généralement employée pour le traitement des pièces anatomiques à inclure dans la paraffine consiste dans le passage successif de ces pièces dans les huit bains suivants : 1, alcool à 30°; 2, alcool à 60°; 3, alcool à 80°; 4, alcool à 95°; 5, alcool absolu; 6, alcool absolu $\frac{2}{3}$, xylol ou

toluène $\frac{1}{3}$; 7, alcool absolu $\frac{1}{3}$, xylol ou toluène $\frac{2}{3}$; 8, xylol ou toluène pur.

Les principaux inconvénients de cette méthode sont : l'impureté des produits employés, les traces d'eau que contient presque toujours l'alcool éthylique dit *absolu*, la contraction du protoplasma et le durcissement des tissus dans le xylol ou le toluène. Enfin, le prix de revient de ces produits est toujours élevé.

J'ai cherché à supprimer ces inconvénients et à simplifier cette méthode en réduisant le nombre de bains. Pour cela, j'ai employé l'alcool butylique normal qui est livré pur et absolument anhydre. Cet alcool est un produit accessoire de la fabrication de l'acétone (procédé Fernbach); actuellement on en fabrique annuellement plusieurs milliers de tonnes qui n'ont aucune application industrielle. Ce produit a, sur l'alcool éthylique, l'avantage de dissoudre la paraffine, ce qui supprime complètement le xylol ou le toluène. C'est donc une simplification de la méthode, et les résultats ont prouvé que c'était aussi une amélioration.

Traitement des pièces anatomiques et des préparations. — L'alcool butylique normal dissolvant très peu d'eau ($\frac{1}{12}$ de son volume), on ne peut pas préparer directement, par addition d'eau, la série des alcools à 30°, à 60° et à 80°. Mais le mélange à parties égales d'alcool éthylique à 95° et d'alcool butylique normal pur est un très bon dissolvant de l'eau. J'emploie donc ce mélange pour les quatre premiers bains. Les calculs montrent qu'à 100^{cm^3} de ce mélange il faut ajouter : 225^{cm^3} d'eau pour obtenir de l'alcool à 30° (1[er] bain); $62^{cm^3},50$ d'eau pour obtenir de l'alcool à 60° (2[e] bain); $21^{cm^3},87$ d'eau pour obtenir de l'alcool à 80° (3[e] bain), et $2^{cm^3},63$ d'eau pour avoir de l'alcool à 95° (4[e] bain).

C'est alors que s'introduit la simplification de la méthode. En effet, il suffit de deux bains successifs d'alcool butylique normal pur pour achever le traitement des pièces à inclure. Dans le second bain, on ajoute peu à peu de la paraffine, et l'on achève l'inclusion comme d'habitude.

Pour les coupes montées sur lames porte-objet, on remplace la série des alcools éthyliques par la série des alcools éthyliques et butyliques employée pour le traitement des pièces à inclure. Enfin, pour le traitement des coupes de matériaux non inclus dans la paraffine, on remplace les alcools éthyliques à 95° et à 100° par les alcools butyliques correspondants.

Résultats et avantages de cette méthode. — Les essais ont été faits sur des tissus végétaux et sur des tissus animaux; fleurs développées avec leurs divers tissus, jeunes boutons floraux, méristèmes de sommets végétatifs de racines et de tiges, embryons de lapins.

Dans tous les cas j'ai observé la parfaite conservation du protoplasma sans aucune rétraction. Les colorations en masse faites avant l'inclusion n'ont subi aucune altération, ce qui n'est pas le cas pour les autres méthodes. Au moment de l'inclusion, les pièces ne sont ni dures ni cassantes, comme

après leur traitement avec le xylol ou le toluène. Enfin, à ces avantages, il faut ajouter le gain de temps par la suppression de deux bains.

Ces résultats permettent de présumer que l'alcool butylique trouvera un débouché dans les laboratoires pour les recherches histologiques.

BACTÉRIOLOGIE AGRICOLE. — *Augmentation du nombre des* Clostridium Pastorianum (*Winogradski*) *dans des terres partiellement stérilisées par le sulfure de calcium.* Note de MM. **G. Truffaut** et **N. Bezssonoff**, présentée par M. L. Maquenne.

Dans un travail précédent [1], nous avons basé l'évaluation du nombre des *Clostridium Pastorianum* du sol sur le comptage des colonies symbiotiques de cet organisme se développant en profondeur dans l'agar des boîtes de Pétri ensemencé par une dilution de terre au $\frac{1}{250000}$.

Un tel mode d'évaluation a l'inconvénient de nécessiter le contrôle de la majorité des colonies se développant en profondeur; aussi, tout en continuant l'étude des colonies symbiotiques, nous avons cherché un procédé de mesure plus rapide.

A cet effet, nous ensemençons des dilutions de terre en tubes d'agar glucosé [2] et, après pasteurisation, nous constatons ou non une fermentation; dans le cas d'une fermentation, nous établissons la présence du *Clostridium* par des préparations, puis nous contrôlons le pouvoir de fixation d'azote par des ensemencements en bouillon [3].

Opérant ainsi, nous avons pu nous convaincre qu'un seul chauffage à 80° pendant 20 minutes des tubes d'agar ensemencés était insuffisant pour assurer des résultats constants; le développement d'anaérobies facultatifs influence défavorablement la fermentation butyrique. La résistance du *Clostridium* au chauffage est bien connue (Omelianski, 1917); cet organisme est susceptible de se développer, même après un chauffage à 110° pendant 20 minutes; on pouvait donc s'attendre à ce que des chauffages à une température plus élevée, en entravant le développement des anaérobies facultatifs, faciliteraient celui du *Clostridium*.

---

(1) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1278, et t. 171, 1920, p. 268.

(2)

Peptone...	$2^{g},5$
Liebig....	2
Glucose...	10
Agar......	15
Eau......	1^{l}

(3)

Peptone...	$2^{g},5$
Liebig.....	2
Mannite...	10
Eau........	1^{l}

Cependant, nous avons constaté que deux chauffages à 100° pendant 20 minutes, répétés à 24 heures d'intervalle, diminuent considérablement le nombre des germes de *Clostridium* pouvant se développer et produire la fermentation butyrique; ainsi, en moyenne dans ce cas, sur dix tubes ensemencés avec 1^{cm^3} d'une dilution de terre au $\frac{1}{100000}$, aucun ne fermente; sur cinq tubes ensemencés avec une dilution au $\frac{1}{50000}$, un seul tube fermente; tandis que, en chauffant deux fois à 80° seulement une dilution au $\frac{1}{100000}$ de la même terre, quatre tubes sur dix fermentent.

Nous avons donc cherché à déterminer un mode de chauffage qui, tout en éliminant les anaérobies facultatifs, donne le plus grand nombre de tubes fermentés; des essais comparatifs faits avec quinze terres de provenance française, tunisienne et marocaine, nous amenèrent aux procédés suivants :

A. Des dilutions de terre au $\frac{1}{10000}$, $\frac{1}{100000}$, $\frac{1}{250000}$ sont placées pendant 30 minutes dans une étuve à 50°. Pour chacune de ces dilutions, 1^{cm^3} est ensemencé dans un tube d'agar glucosé liquéfié, maintenu entre 65° et 70°. On chauffe tous les tubes ensuite à 75° pendant 20 minutes et on les refroidit brusquement dans un courant d'eau froide.

B. On peut introduire dans les tubes un tampon imprégné de pyrogallate de soude (procédé Wright-Burri), ce qui évite le refroidissement brusque.

Quatorze heures après l'ensemencement on chauffe à nouveau les tubes à 50° pendant 30 minutes et l'on répète cette opération deux fois pour ceux qui, maintenus dans une étuve à 35°, n'auraient pas fermenté. En employant un stérilisant à base de CaS (15 pour 100) et de $MgCO^3$ (4,5 pour 100) à la dose de $6^g,66$ par kilogramme de terre, dans des pots contenant 3^{kg} de ce sol, on obtint les résultats suivants :

Tubes refroidis brusquement.

		Huit jours après traitement. Nombre de tubes		Seize jours après traitement. Nombre de tubes	
	Dilutions.	ensemencés.	fermentés.	ensemencés.	fermentés.
Témoin..........	$\frac{1}{10000}$	5	5	5	0
»	$\frac{1}{100000}$	10	3	0	0
Terre traitée....	$\frac{1}{10000}$	5	5	3	2
»	$\frac{1}{100000}$	10	8	0	0

Tubes avec tampon de pyrogallate ensemencés 16 jours après le traitement.

		Nombre de tubes	
	Dilutions.	ensemencés.	fermentés.
Témoin	$\frac{1}{10000}$	3	1
»	$\frac{1}{100000}$	10	1
Terre traitée	$\frac{1}{10000}$	3	3
» »	$\frac{1}{100000}$	10	2

Il est à noter que dans toutes nos expériences, nous avons toujours observé une fermentation butyrique plus énergique dans les tubes ensemencés avec des dilutions de terre partiellement stérilisée que dans les tubes témoins.

Dans les tubes ayant fermenté on a pu constater la présence de formes bactériennes correspondant à celle du *Clostridium Pastorianum;* des bouillons inoculés par des tubes fermentés donnèrent lieu à une fixation moyenne d'azote de 40^{mg} par litre de bouillon.

En outre, dans nos recherches précédentes faites sur plusieurs centaines de tubes, nous n'avons constaté que deux fois une fermentation butyrique, probablement causée par un spirille non déterminé.

On connaît la difficulté qu'éprouvent les spores bactériennes âgées à germer dans des milieux solides. Nos chiffres ne doivent en conséquence représenter que les *Clostridium* actifs ou venant de sporuler. Toutes choses égales d'ailleurs, le nombre des *Clostridium* que nous avons trouvés dans un sol se trouvant à une température basse est toujours nettement inférieur à celui que nous constatons dans la même terre lorsque la température dépasse 15°.

Conclusions. — L'influence de la stérilisation partielle sur le développement du *Clostridium* est confirmée par ce fait que sur 10 tubes ensemencés avec des dilutions de terre témoins, 3 fermentent, alors que 8 subissent la fermentation butyrique dans le cas de terres partiellement stérilisées, et cela 8 jours après ce traitement. Les rapports sont encore de 2 à 1, 16 jours après le traitement.

Ces méthodes nous ont donné des nombres de *Clostridium* voisins de 100000 au gramme, chiffres qui sont forcément bien au-dessous de la réalité. Il est intéressant cependant de constater que même en les adoptant ils sont de 10 à 100 fois supérieurs à ceux qui ont été donnés par Jones et Murdoch pour les *azotobacter*. Les numérations maxima de ces auteurs sur 17 terres indiquent 1800 organismes par gramme. Nos propres essais ne nous ont pas permis d'en compter plus de 500.

Il nous semble donc que c'est le *Clostridium Pastorianum* et non l'*Azotobacter* qui est l'agent principal de la fixation de l'azote dans le sol.

ENTOMOLOGIE. — *Recherches sur le déterminisme de la perte de la faculté du vol chez les Hémiptères aquatiques.* Note de M. **R. Poisson**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

On sait, d'après les recherches de Ferrière (1914), que certains exemplaires de *Ranatra linearis*. L. possèdent des muscles vibrateurs longitudinaux anormaux. Ces muscles présentent des insertions défectueuses et, d'autre part, ils sont formés de fibres striées beaucoup plus grêles que celles des exemplaires à muscles normaux. Ces fibres sont entourées par des cellules arrondies à gros noyaux entre lesquelles s'insinuent de nombreuses trachées. *Ranatra linearis* nous montre le début d'un processus remarquable : l'indice primitif d'une dégénérescence des muscles du vol (muscles vibrateurs longitudinaux) et la formation, à leur place, d'organes particuliers connus sous le nom d'*organes trachéo-parenchymateux*.

Cette évolution régressive des muscles vibrateurs s'accentue chez *Nepa cinerea* L. En effet, les observations de Ferrière (1914) et de Brocher (1915) montrent que les muscles vibrateurs longitudinaux dorsaux, latéraux dorsaux postérieurs et sternali-dorsaux (vibrateurs transversaux de Janet) s'atrophient progressivement pendant la vie larvaire. Chez l'adulte, sauf quelques rares exceptions, on trouve à la place des muscles vibrateurs longitudinaux, deux organes trachéo-parenchymateux. Ces organes sont constitués par des fibres non striées, entre lesquelles s'insinuent les nombreuses trachéoles musculaires. Les muscles latéraux dorsaux postérieurs et sternali-dorsaux ont totalement disparu. D'après Brocher, ils seraient représentés par des lames de tissus accolés aux sacs aériens.

Les muscles de vol faisant défaut, la *Nèpe* ne peut donc plus voler, quoique possédant des ailes et des élytres d'apparence normale.

Dans le but d'établir le déterminisme qui préside à la régression des muscles du vol chez les Hémiptères aquatiques, j'ai entrepris l'étude de ces muscles :

1° Chez deux espèces affines ne volant pas, *Naucoris cimicoïdes* L. et *Naucoris maculatus* Fabr. [1], mais dont la première possède des élytres et des

(1) L'expérience, tentée sur de nombreux exemplaires, a toujours été concluante. Des *Notonectes*, des *Corises*, des *Gerris* macroptères, placées au voisinage d'une source de chaleur d'où elles ne peuvent s'enfuir par la marche, ne tardent pas, sauf quelques très rares exceptions, à s'envoler vers une fenêtre, lorsque la température s'élève. Par contre, *Nèpe* et *Naucorises* ne s'envolent pas et cherchent uniquement à s'enfuir par la marche ; elles courent jusqu'à complet épuisement.

ailes normalement développées, alors que la seconde ne présente plus que deux petits moignons alaires.

2° Chez *Gerris lacustris* L., espèce qui vole sous sa forme macroptère et ne vole plus sous sa forme brachyptère ([1]).

A. Cas de *Naucoris cimicoïdes* (forme ailée).

Les muscles vibrateurs longitudinaux dorsaux ont disparu et ils sont remplacés, ainsi que Ferrière l'a déjà signalé, par deux petits organes trachéo-parenchymateux recouverts en partie par les sacs trachéens. Ces organes sont constitués par des fibres régulières extrêmement minces, sans aucune trace de striation, qui possèdent de gros noyaux de forme ovale, occupant toute la largeur de la fibre. Les fibres sont mélangées à un réseau de trachéoles dont certaines, lorsqu'elles sont pleines d'air, ont l'aspect de petites vésicules.

B. Cas de *Naucoris maculatus* (forme à ailes rudimentaires).

Aucune trace des muscles vibrateurs du vol. Les organes trachéo-parenchymateux eux-mêmes n'existent pas. Dans certains cas, cependant, on peut observer une mince lame de tissu accolée au tronc trachéen correspondant.

C. Cas de *Gerris lacustris*.

1° *Forme macroptère :* Individus de 8^{mm}, ailes de 5^{mm}.

Sur une coupe transversale du mésothorax, on observe une paire de muscles vibrateurs longitudinaux dorsaux et une paire de vibrateurs transversaux ([2]) parfaitement bien développés et localisés. Latéralement, se trouvent les petits muscles de mise en place des ailes et les muscles moteurs des pattes, dont certaines possèdent une insertion dorsale située au voisinage de celle des vibrateurs transversaux.

2° *Forme brachyptère :* Individus de 8^{mm} de longueur; les élytres atteignent exactement la moitié de la longueur de l'abdomen, elles ne se recouvrent pas. Les ailes rudimentaires mesurent 2^{mm}.

Les muscles vibrateurs du vol n'existent pas et l'on ne trouve pas à leur place d'organes analogues aux organes trachéo-parenchymateux. L'emplacement laissé libre par ces muscles est occupé : *a*. par les muscles dorsaux-ventraux moteurs des pattes qui viennent prendre leurs insertions plus près de la ligne médiane dorsale que normalement; *b*. par les réservoirs des glandes salivaires, par du tissu graisseux et, à maturité sexuelle, par une partie des organes génitaux.

En résumé, cette étude nous montre qu'il n'y a pas parallélisme entre la

---

([1]) Guérin et J. Pénau (*Faune entomologique armoricaine*, 1910, in *Bull. Soc. sc. et médicale de l'Ouest*, t. 19, n° 2) disent n'avoir rencontré qu'une seule fois une femelle à ailes nulles et à hémélytres asymétriques. Cette forme brachyptère paraît bien localisée dans certaines stations aux environs de Caen (Calvados).

([2]) Chez *G. lacustris*, ces deux sortes de muscles apparaissent après la quatrième mue larvaire. Au voisinage de la cinquième et dernière mue larvaire, ils ne sont pas encore complètement développés.

disparition des muscles vibrateurs et celle des ailes, ainsi que Mercier l'a déjà constaté chez *Chersodromia hirta* Walk et *Apterina pedestris* Meig ([1]).

D'autre part, *Ranatre*, *Nèpe*, *Naucorises* (*N. cimicoïdes* et *N. maculatus*) peuvent être envisagées comme formant une série où l'on assiste progressivement à la disparition des muscles vibrateurs du vol. Cette série serait à mettre en parallèle avec celle que donne la comparaison des Diptères pupipares entre eux. Chez ces derniers, Massonnat ([2]) a montré que l'atrophie des muscles du vol est de plus en plus complète suivant que les rapports du Diptère parasite et de son hôte sont de plus en plus étroits. Aussi certains voient dans la vie parasitaire menée par ces insectes, le déterminisme de la perte de la faculté du vol; les muscles du vol ayant disparu par non usage. Mais, pour les *Ranatres*, les *Nèpes*, *N. cimicoïdes* qui possèdent des ailes normalement développées, la théorie du non usage ne paraît pas aussi évidente que pour les Diptères pupipares.

A mon avis, l'étude de *Gerris lacustris* sous sa forme ailée et sous sa forme brachyptère laisse place à une interprétation plus satisfaisante. En effet, chez la forme brachyptère, la disparition des muscles du vol apparaît brusquement comme le ferait une *mutation*.

La séance est levée à 16 heures et demie.

A. Lx.

([1]) L. Mercier, *Variation dans le nombre des fibres des muscles vibrateurs longitudinaux chez* Chersodromia hirta *Walk. Perte de la faculté du vol* (*Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 933). — *Apterina pedestris* Meig. *Les muscles du vol chez certains Diptères à ailes rudimentaires ou nulles* (*Ibid.*, t. 172, 1921, p. 716).

([2]) Massonnat, *Contribution à l'étude des Pupipares* (*Ann. Université de Lyon*, fasc. 28, 1909).